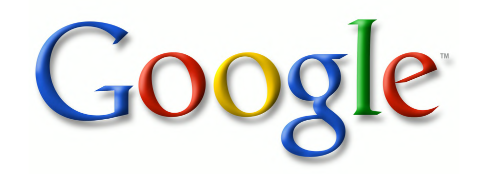


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

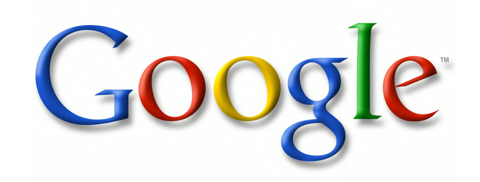
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

H 144, 3, 11

HARVARD COLLEGE
LIBRARY



LIBRARY OF THE
MINERALOGICAL
LABORATORY
UNIVERSITY MUSEUM

Transferred to
CABOT SCIENCE LIBRARY
June 2005

HARVARD COLLEGE LIBRARY



BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787–1855)
OF BOSTON
FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION

LE

GYPSE DE PARIS

ET LES MINÉRAUX QUI L'ACCOMPAGNENT

(PREMIÈRE CONTRIBUTION A LA MINÉRALOGIE DU BASSIN DE PARIS)

PAR

A. LACROIX

(Extrait des Nouvelles Archives du Muséum, t. IX)

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1897

LE

GYPSE DE PARIS

ET LES MINÉRAUX QUI L'ACCOMPAGNENT

LE

GYPSE DE PARIS

ET LES MINÉRAUX QUI L'ACCOMPAGNENT

9869-97. — Corbeil. Typ. et stér. Ed. Crété

Folio
QE
391
G9L1

LE

GYPSE DE PARIS

ET LES MINÉRAUX QUI L'ACCOMPAGNENT

(PREMIÈRE CONTRIBUTION A LA MINÉRALOGIE DU BASSIN DE PARIS)

PAR

A. LACROIX

EXTRAIT DES *Nouvelles Archives du Muséum*, T. IX.

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1897

H 144.3.11

July 8, 1920

Mineralogical Laboratory

Degrand Fund

LE

GYPSE DE PARIS ET LES MINÉRAUX

QUI L'ACCOMPAGNENT

(PREMIÈRE CONTRIBUTION A LA MINÉRALOGIE DU BASSIN DE PARIS)

PAR

A. LACROIX.

AVANT-PROPOS

Il est peu de régions sédimentaires qui soient aussi riches en minéraux que le bassin de Paris en général et le sol même de Paris en particulier.

Depuis plus de cent ans, mes prédécesseurs ont réuni dans la collection du Muséum une grande quantité d'échantillons intéressants. Cette série est particulièrement précieuse; on y trouve en effet des types décrits par Romé de Lisle, Haüy; Alexandre Brongniart, A. C. Becquerel et Des Cloizeaux, en même temps qu'un grand nombre de documents inédits. Beaucoup d'entre eux sont intéressants à un autre point de vue : ils ont été recueillis au cours de travaux effectués dans des quartiers de Paris aujourd'hui entièrement bâtis, et constituent par suite de grandes raretés qu'il serait impossible de retrouver actuellement.

J'ai pensé que ce serait rendre hommage à mes devanciers que de préluder à l'étude minéralogique du bassin de Paris, que je me propose de poursuivre, par la description des plus intéressants documents réunis par eux, et complétés par ceux que j'ai moi-même recueillis; tel est le but de ce premier mémoire.

Parmi les minéraux parisiens, le plus intéressant est sans contredit le *gypse*; c'est à son étude et à celle de quelques-unes des substances qui l'accompagnent le plus habituellement que j'ai restreint ce travail. Afin de ne pas le développer outre mesure, je me suis en outre limité, au point de vue géographique, au sol même de Paris et à son voisinage immédiat.

Je prie le lecteur de ne point oublier le point de départ et le but de ce mémoire et de ne voir dans les quelques pages qui suivent qu'un premier et succinct aperçu d'un plus vaste sujet.

INTRODUCTION

Dans la région parisienne, le *gypse* se rencontre dans des conditions très différentes, également intéressantes au point de vue minéralogique, mais ayant au point de vue géologique une importance inégale.

La *craie sénonienne* présente à Meudon des tubulures et des diaclases depuis longtemps décrites, le long des parois desquelles ont été observés autrefois de petits cristaux de gypse et de célestite. On verra plus loin que ce gypse paraît dû en grande partie à la réaction sur la craie des produits de la décomposition de sulfure de fer.

A la base de l'éocène, l'*argile plastique* (sparnacien) est très riche en magnifiques cristaux transparents de gypse; eux aussi sont liés à la décomposition de la pyrite et de la marcasite qui en outre a donné naissance à de nombreux minéraux (websterite, apatélite, sidérose, etc.).

Une petite quantité de gypse secondaire se rencontre dans les marnes miocènes.

Avec l'*éocène moyen*, apparaît toute une série de gisements gypseux qui ont une origine différente et qui fournissent non seulement des cristaux de gypse isolés au milieu de marnes ou d'argiles, mais encore des lits gypseux continus ; ceux de l'*éocène supérieur*, possèdent une grande importance géologique et économique.

Depuis la fin du siècle dernier, on connaissait dans les assises supérieures du *calcaire grossier* (lutétien supérieur), désignées sous le nom de *caillasses*, de curieuses pseudomorphoses de gypse, associées à des

cristaux de quartz, de fluorine, de calcite. M. Munier-Chalmas, en utilisant les sondages effectués dans diverses parties de Paris ou de ses environs, a montré que les niveaux renfermant ces pseudomorphoses représentent les affleurements de lits continus de gypse, qui ont persisté là où un puissant manteau sédimentaire les a préservés de la dissolution superficielle, accompagnée des phénomènes chimiques dont il sera question plus loin. Il paraît bien établi aujourd'hui que ces diverses formations gypseuses du *lutétien supérieur*, de même qu'un certain nombre de niveaux analogues du *bartonien* (*sables de Beauchamp*, *calcaires de Saint-Ouen*) ont une origine lagunaire. Il en est de même, non seulement pour le gypse du *ludien*, qui forme les puissantes masses exploitées dans la région parisienne, mais encore pour celui qui se trouve en cristaux épars ou en lits continus dans les assises de l'*oligocène inférieur* (*marnes supragypseuses*, *marnes vertes* et *stampien*).

La discussion de l'hypothèse adoptée (1) et de celles qui ont été proposées autrefois pour expliquer le mode de formation des dépôts gypseux, pas plus que l'étude stratigraphique de ceux-ci, n'est l'objet de ce travail, aussi je renvoie pour ce sujet aux nombreuses publications dans lesquelles il est traité. Ce mémoire, en effet, a pour but spécial de mettre en lumière les formes propres aux cristaux de gypse correspondant aux deux catégories de mode de formation indiquées plus haut, c'est-à-dire à la *cristallisation directe par évaporation d'eau de mer s'effectuant dans des lagunes* et à la *formation par réaction secondaire des produits de décomposition du sulfure de fer sur des assises renfermant du calcaire;* j'y joindrai quelques observations sur les formes que prend le gypse déposé par les eaux qui se sont chargées de sulfate de chaux en circulant dans les gisements gypseux postérieurement à leur dépôt.

Dans chacun des trois chapitres qui vont suivre, un paragraphe est consacré aux minéraux qui accompagnent le gypse et sont liés d'une façon plus ou moins intime à la formation de celui-ci.

Afin d'éviter les redites, je donnerai ici l'énumération des couches

(1) Cette hypothèse a été formulée d'une façon extrêmement nette dès 1780 par Pralon (*Journal de Physique*, p. 289), dans une description minéralogique de la colline de Montmartre, fort remarquable pour cette époque.

gypseuses dont il sera question dans ce mémoire, avec l'indication des minéraux qui seront étudiés plus loin.

L'ordre suivi et la nomenclature stratigraphique employée sont ceux qui ont été adoptés par MM. de Lapparent (1) et Munier Chalmas (2) dans leurs récentes publications.

I. — Niveaux lagunaires renfermant du gypse d'origine primaire.

Oligocène inférieur (tongrien).

a. Stampien.

Marnes à *Ostrea cyathula*............................	*Gypse, moulages de sel marin.*

b. Sannoisien.

Marnes vertes......................................	*Gypse* (*et pseud.*), *célestite.*
Marnes à *Cyrena convexa*..........................	*Gypse, célestite.*
Marnes supragypseuses blanches, puis bleuâtres........	*Gypse.*

Éocène.

a. Ludien.

Alternances de bancs de gypse et de marnes (formation lagunaire avec quelques retours de l'élément marin).	*Gypse* (*et pseud. siliceuses et calcaires*), *célestite, ménilite, calcite, moulages de sel marin, pyrite,* etc.

Ces assises comportent les divisions suivantes :

Première masse du gypse (haute masse) non stratifiée, ayant de 10 à 20 mètres d'épaisseur (gisement des ossements de mammifères : *Palæotherium, Anaplotherium,* etc.) ;

Marne à ménilite ;

Deuxième masse du gypse (alternance de lits de gypse saccharoïde et de marnes jaunes).

Marne marine jaune à *Lucina inornata.*

Troisième masse du gypse.

Marne à *Pholadomya ludensis.*

Quatrième masse du gypse (horizon restreint et peu constant) recouvrant les sables marins d'Argenteuil.

(1) *Traité de géologie,* 1893.
(2) *Bull. Soc. géol.,* XVII, 846, 1889. — *C. rendus,* CX. 663, 1890.

b. Bartonien.

Calcaire de Saint-Ouen, saumâtre à la base, lacustre au sommet..	*Gypse (pseud. siliceuses et calcaires), ménilite, opale nectique, magnésite.*
Sables de Beauchamp (calcaire de Ducy, et horizon à *Melania hordacea*)................................	*Gypse (pseud. siliceuses et calcaires).*

c. Lutétien supérieur.

Caillasses (lits minces de marnes, de calcaires et de bancs siliceux).................................	*Gypse (pseud. siliceuses et calcaires), quartz, lutécite, calcédoine, calcite, fluorine, célestite, moulages de sel marin.*

II. — Niveaux renfermant du gypse d'origine secondaire.

Oligocène inférieur.

Sannoisien.

Marnes à *Cyrena convexa*..........................	*Gypse, apatélite.*
Marnes supragypseuses bleuâtres....................	*Gypse, apatélite.*

Eocène.

Sparnacien.

Argile plastique..................................	*Marcasite, pyrite, blende, gypse, websterite, mélantérite, apatélite, phosphorite, vivianite, sidérose, célestite, succinite*, etc.

Crétacé supérieur.

Sénonien.

Craie blanche de Meudon............................	*Gypse, célestite, marcasite.*

CHAPITRE PREMIER

Gypse de lagunes (éocènes et miocènes).

1° Cristaux des marnes et des argiles.

L'étude des cristaux de gypse des marnes éocènes et miocènes de la région parisienne montre que, tandis qu'il existe la plus grande analogie entre les formes des cristaux de gypse du *lutétien supérieur* (caillasses), du *bartonien* (sables de Beauchamp et calcaire de Saint-Ouen) et enfin du *ludien* (étage du gypse), de nombreux cristaux des marnes *miocènes* et notamment beaucoup de ceux des *marnes vertes* présentent des différences

notables avec ceux de l'éocène, particulièrement en ce qui concerne les macles. Ces différences tendront peut-être à s'atténuer par l'examen d'un nombre de gisements plus grand que celui que j'ai eu l'occasion d'étudier, elles m'ont toutefois paru assez intéressantes pour nécessiter un exposé distinct de ces deux catégories de gisements.

A. — Gisements éocènes.

Les cristaux distincts de gypse du *lutétien supérieur* (caillasses) et de la base du *bartonien* sont, à de rares exceptions près, pseudomorphosés en produits siliceux ou calcaires ; ils se rencontrent en individus groupés et facilement isolables dans des marnes calcaires plus ou moins modifiées.

Dans le *calcaire de Saint-Ouen*, ils ne sont généralement pas libres, mais sont englobés dans des rognons d'opale (ménilite) et épigénisés.

Le gypse *ludien* au contraire est généralement intact ; les cristaux distincts s'observent dans les marnes intragypseuses ou à la surface de contact des lits gypseux et de celles-ci. Ils se rencontrent un peu à tous les niveaux du ludien, mais les grandes lentilles généralement maclées (gypse en fer de lance) abondent particulièrement dans une couche de marnes située entre la première et la deuxième masse du gypse : de beaux cristaux se trouvent aussi dans les marnes de la troisième masse (Montmartre, Noisy-le-Sec).

Les carriers parisiens désignent sous le nom de *grignards* les cristaux mal formés qui constituent souvent de véritables lits continus, ainsi qu'on peut l'observer à Argenteuil, à Noisy-le-Sec, etc., dans la troisième masse du gypse.

La couleur la plus habituelle du gypse ludien est le jaune clair, elle devient parfois presque blanche et dans d'autres cas d'un jaune d'or plus ou moins foncé. Les cristaux présentent parfois des zônes d'accroissement, de forme et de couleur différentes.

A l'est de Paris, se trouve dans le gisement de Thorigny près Lagny une variété de gypse laminaire d'un blanc de cire, opaque en lames un peu épaisses, plus rarement incolore et transparent, qui n'existe pas dans les environs immédiats de Paris.

Quand les cristaux sont engagés dans le gypse en roche, ils ont souvent leur surface extérieure intacte ; lorsqu'ils se trouvent dans les argiles, au contraire, leur surface est souvent recouverte d'une couche rugueuse ocracée, parfois accompagnée de pyrite et de produits siliceux (voir plus loin).

Les petites lentilles des argiles ludiennes sont souvent opaques ou seulement translucides. Les grands cristaux et notamment les variétés donnant les macles en fer de lance sont au contraire transparentes et parfois d'un limpidité parfaite sur plusieurs centimètres d'épaisseur ; cette limpidité est surtout grande à travers les faces de clivage g^1 (010) très planes et remarquablement brillantes, tandis qu'elle est beaucoup moindre à travers les faces extérieures, arrondies et offrant une surface dépolie. Dans les échantillons englobés dans le gypse en roche et souvent accompagnés de gypse niviforme (fig. 3 et 4, pl. VIII), la transparence est telle qu'il est possible de distinguer à travers une face g^1 (010), sous une épaisseur de plusieurs centimètres, les moindres détails de la gangue sous-jacente.

Enfin, pour terminer ce qui concerne la couleur du gypse parisien, je ferai remarquer que les cristaux qui se forment dans les fentes du gypse ludien par recristallisation actuelle du gypse dissous sont généralement parfaitement incolores. Ils seront étudiés dans le chapitre III, je ne m'occuperai ici que des cristaux que l'on peut considérer comme formés normalement au moment du dépôt des couches qui les renferment.

α. *Cristaux simples.*

La forme lenticulaire est à peu près constante dans les cristaux des marnes éocènes, qu'il s'agisse des niveaux *lutétiens* (caillasses), *bartoniens* (sables de Beauchamp, calcaires de Saint-Ouen), ou *ludiens*.

Dans le ludien, se trouvent les cristaux les plus nets au point de vue de la forme (Montmartre, Buttes-Chaumont, Belleville, Ménilmontant, Romainville, Noisy-le-Sec, Montreuil), etc. Les lentilles dérivent du type II de l'argile plastique, qui sera étudiée dans le chapitre II, par disparition plus ou moins complète des faces de la zone prismatique, il

ne reste plus alors que les faces a_3 ($\bar{2}11$) et diverses formes des zones pg^1 et a^7g^1, toutes plus ou moins arrondies.

La figure 7 (A et B) de la planche VIII est la reproduction d'une photographie un peu réduite d'une lentille de ce genre, limitée par les faces a_3 ($\bar{2}11$), e^1 (011), $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) : elle présente en outre de petites faces m (110). Les formes de ces lentilles sont du reste assez rarement aussi nettes, le plus souvent, il est à peu près impossible de faire sur elles aucune mesure.

Les formes qui concourent à la production de ces lentilles sont : dans la zone pg^1, les faces e^1 (011), et parfois $e^{1/3}$ (031) ; dans la zone $g^1\,a^{1/2}$, la forme $u = (b^1d^{1/5}g^{1/3})$ ($\bar{2}33$), la forme très fréquente $a_{2,9}$ ($\bar{5}49$) est extrêmement voisine de cette zone ; dans la zone a^1g^1, la forme $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) ; dans la zone $a^{1/2}g^1$, la forme a_3 ($\bar{2}11$) presque constante ; peut-être enfin les formes $\sigma = (b^1d^{1/5}g^{1/4})$ ($\bar{2}34$) et $\delta = (b^{1/3}d^{1/18}g^{1/13})$ ($\bar{15}.21.26$). Voici les angles calculés (1) que ces diverses faces font avec g^1 (010) et avec m (110).

	g^1	m		g^1	m
e^1.......	110°40′	120°45′	$a_{2,9}$........	99°3′	98°28′
$e^{1/3}$......	138°32′	130 1′	u.........	112°24′	104°6′
σ	107°2′	105°33′	$b^{1/2}$.......	112°9′	95°3′
δ	108°18′	104°28′	a_3.........	108°6′	130°5′

L'arrondissement des faces est du reste facilité par la grandeur des angles obtus des diverses pyramides énumérées plus haut et par suite de leur angle avec les faces de la zone de symétrie qui leur sont tangentes, ainsi qu'avec les autres faces adjacentes. On a en effet les valeurs suivantes :

$\sigma\sigma$ adj	143°36′	[$b^{1/2}b^{1/2}$ sur a^1	135°42′
$\delta\delta$ adj	143°24′	[$b^{1/2}a^1$	157°51′
$a_{2,9}\ a_{2,9}$ adj	161°30′		
[uu	135°12′	[$a_3\ a_3$ sur $a^{1/2}$	143°48′
[$ua^{1/2}$	157°36′	[$a_3\ a^{1/2}$	163°54′

Pour vérifier l'orientation des faces courbes de ces lentilles, on peut employer le procédé suivant qui n'est, bien entendu, qu'approximatif ; il consiste à déterminer par le clivage une lame mince g^1 (010) de

(1) La forme adoptée pour le gypse est celle choisie par Des Cloizeaux (*Bull. Soc. minér.* IX 173 1886) $a : b : c = 0{,}74412 : 1 : 0{,}41241$. $xy = 66°9'$. $mm = 111°30'$).

la lentille à étudier et à l'examiner au microscope en lumière polarisée parallèle après avoir produit par une piqûre d'aiguille des clivages h^1 (100), et e^1 (011). On détermine ensuite les angles d'extinction par rapport aux contours rectilignes de la lame, constitués par les arêtes des zones $a^x\ g^1$ (1).

On sait que dans le gypse, le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010) et que, dans cette face, la bissectrice aiguë positive, *ng*, fait avec l'axe vertical un angle de 52°30′; connaissant d'autre part les angles que font avec h^1 (100) les faces de la zone de symétrie, on en déduit les valeurs suivantes pour les angles d'extinction du clivage g^1 (010) par rapport aux arêtes des zones indiquées plus haut (fig. 1).

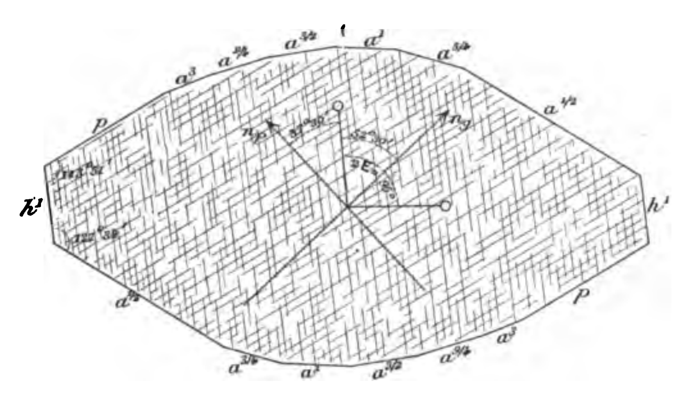


Fig. 1. — Face g^1 (010) du gypse parallèle au plan des axes optiques.

ng h^1	52°30′	*np* h^1	37°30′
ng p	13°39′	*np* p	76°21′
ng a^3	24°	*np* a^3	66°
ng $a^{3/4}$	27°42′	*np* $a^{9/4}$	62°18′
ng $a^{3/2}$	35°19′	*np* $a^{3/2}$	54°41′
ng a^1	46°48′	*np* a^1	43°12′
ng $a^{3/4}$	57°35′	*np* $a^{3/4}$	32°25′
ng $a^{1/2}$	75°4′	*np* $a^{1/2}$	14°56′

Dans le cas le plus général, les lentilles sont aplaties par suite du grand développement et de l'arrondissement des faces de l'une des zones indiquées plus haut et d'une façon toute particulière de la zone $g^1 a_3$; il y a souvent même allongement suivant l'axe de cette zone.

La figure 2 représente une série de lentilles de plus en plus allongées et arrondies (Montmartre, Ménilmontant, Pantin, Romainville, Noisy-le-Sec, etc.).

(1) La pyramide σ est très voisine de la zone $a^{9/4} g^1$, les pyramides $a^{2/9}$ et δ de la zone $a^{3/2} g^1$.

Dans d'autres cas, au contraire, toutes les formes qui concourent à la formation de la lentille ont un égal développement et en même temps leurs arêtes d'intersection sont arrondies. La lentille prend alors la forme de deux cônes réunis par la base. La figure 10 de la planche VIII représente le type le plus régulier de ces lentilles coniques. L'échantillon photographié est engagé dans une marne calcaire provenant de fouilles faites à l'hôpital Saint-Louis ; il a été étudié par Haüy (1).

Les cristaux lenticulaires de gypse dépassent souvent un décimètre de plus grande dimension. Ceux du lutétien supérieur (caillasses), tou-

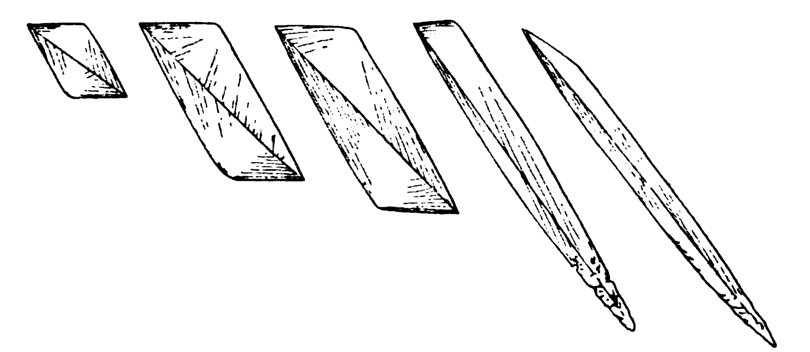


Fig. 2. — Lentilles de gypse plus ou moins allongées.

jours pseudomorphisés en produits siliceux ou calcaires (Passy, Vaugirard, Gentilly, Vanves, etc.), sont le plus souvent groupés, constituant des masses enchevêtrées ou crétées pouvant peser plusieurs kilogrammes. La figure 3 de la planche VI et les figures 1 et 3 de la planche XII, donnent une idée de l'aspect varié de ces enchevêtrements de lentilles.

Des groupements analogues se trouvent aussi dans les marnes ludiennes (Montmartre, Pantin, etc.), mais dans celles-ci, les cristaux sont plus souvent isolés et ils présentent très fréquemment la macle suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) qui va faire l'objet du paragraphe suivant.

De grandes lentilles aplaties et groupées d'une façon curieuse ont été rencontrées jadis à la Glacière de Gentilly. Elles sont entièrement pseudomorphisées en calcite ou en produits siliceux ; elles sont distribuées en grand nombre dans une marne calcaire, parfois orientées

(1) *Traité de minéralogie*, I, 545, 1822.

suivant des plans à peu près parallèles. Dans d'autres cas, elles sont groupées d'une façon bizarre, de façon à donner des formes arborescentes extrêmement variées. Les figures 1 et 2 de la planche XIII représentent deux échantillons de ce genre bien caractéristiques. Les grandes lignes de ces groupements ne sont liées par aucune loi géométrique, mais on voit que fréquemment les petites lentilles coupent les grandes sous des angles qui sont ceux qu'exige la macle suivant $a^{1/2}$ qui va être étudiée plus loin. Les variations de ces angles plans dans la figure précitée sont dues à ce que les cristaux sont vus suivant des directions quelconques; ils n'ont pas tous leur face g^1 (010) dans un même plan.

Des groupements analogues à ceux-ci, mais dans lesquels le gypse n'est pas pseudomorphisé, se trouvent dans les assises ludiennes. Notre collection en possède notamment un échantillon provenant de Ménilmontant.

Les cristaux de très petite taille que l'on rencontre dans les marnes intragypseuses et qui y sont parfois prodigieusement abondants (Argenteuil) présentent souvent la forme conique assez régulière.

β. *Macles.*

Une des caractéristiques cristallographiques les plus intéressantes du gypse ludien réside dans la grande fréquence de la macle, dont les clivages ont très souvent la forme bien connue d'un fer de lance; elle paraît moins abondante dans le gypse lutétien et bartonien. Cette macle a pour face d'association $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), avec axe de rotation normal à cette face.

On peut en distinguer trois types, basés sur la forme des individus élémentaires.

Type I. — Le premier type est de beaucoup le plus commun, c'est lui qui depuis longtemps, à cause de la forme des clivages g^1, est désigné par les ouvriers carriers parisiens sous le nom de *fer de lance* quand les individus sont de grande taille et de *pied d'alouette* quand ils sont plus petits ou enchevêtrés.

Les grands échantillons se rencontrent particulièrement dans une couche de marne située entre la première et la seconde masse du gypse, mais on en trouve aussi à d'autres niveaux, et notamment dans les marnes

de la troisième masse. Les échantillons qui ornent les anciennes collections proviennent de Montmartre et des diverses carrières de Belleville, des Buttes-Chaumont (carrières de Montfaucon), de Pantin, de Montreuil, etc. Aujourd'hui, ces carrières sont fermées, c'est surtout dans celles de Noisy-le-Sec et de Romainville que ces échantillons peuvent être trouvés en abondance quand les travaux d'exploitation atteignent les niveaux qui viennent d'être indiqués. Les pieds d'alouette se trouvent à divers niveaux dans les marnes et souvent à leur contact avec des bancs gypseux. Les macles sont parfois implantées sur leur gangue dans la position des figures 1 et 2 de la planche IX, de telle sorte que la pointe du clivage g^1 semble fichée en terre.

Les macles en fer de lance atteignent souvent de très grandes dimensions, les plus gros échantillons que possède la collection du Muséum mesurent dans un clivage g^1 (010) 40 centimètres de plus grande dimension, et il en existe de plus grands encore.

La caractéristique de ce type de macle réside dans ce fait que les cristaux qui la composent ont la forme lenticulaire décrite plus haut, mais sans prédominance des formes a_3 (fig 3); de plus, toutes leurs faces sont arrondies, le plus souvent presque méconnaissables, enfin le prisme m (110) est généralement absent ou réduit à de très petites facettes.

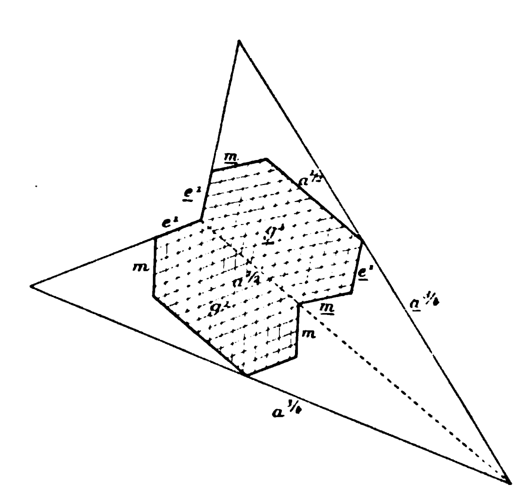


Fig. 3. — Macle suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) : face g^1 (010).

La figure 7 de la planche VIII montre le type le plus habituel de ces cristaux élémentaires. Les figures 1 et 2 de la planche IX représentent divers aspects de la macle. Dans la figure 1, la photographie a été faite de façon à mettre en évidence la ligne de jonction des deux cristaux; la figure 2 montre au contraire une lentille couchée à plat sur laquelle est implanté un autre cristal, qui a été clivé suivant g^1 (010) pour montrer la forme caractéristique du fer de lance.

Dans ces clivages g^1, l'angle saillant de la pointe, et l'angle rentrant de la partie supérieure sont variables, et dépendent de la nature des faces qui limitent les cristaux lenticulaires élémentaires. On voit, en effet, d'après les figures 3 et 4, que ces angles sont égaux à $2\,(180° - a^{1/2} a^x)$, a^x étant la face de la zone ph^1 en zone avec g^1 et avec celles des faces courbes de la lentille qui limitent le cristal à leur point de rencontre avec la ligne de macle $a^{1/2}$. Le tableau ci-joint donne la valeur de quelques-uns des plus fréquents de ces angles.

$a^{2/3}\bar{a}^{2/3}$	24°46′	$a^{9/4}\bar{a}^{9/4}$	94°44′
$a^{3/4}\bar{a}^{3/4}$	34°38′	$a^3\bar{a}^3$	102°8′
$a^1\bar{a}^1$	36°32′	pP	122°30′
$a^{3/2}\bar{a}^{3/2}$	79°30′		

On voit ainsi en tenant compte de la déformation due à la position de l'échantillon photographié que le fer de lance de la figure 2 de la planche IX est limité à sa pointe par $a^{3/4}$ $(\bar{4}03)$ et à sa partie supérieure par des faces courbes de la zone pg^1 $(e^1, e^{1/3})$.

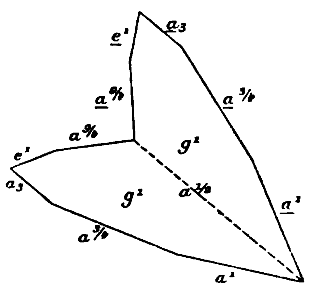


Fig. 4. — Macle suivant $a^{1/2}$: face g^1.

Cette liste d'angles montre aussi pourquoi il existe une assez grande variété dans l'angle terminal du pointement des clivages g^1 : cette pointe est généralement aiguë et surtout distincte quand les faces a_3, dont l'arête d'intersection avec g^1 est parallèle au plan de macle, n'existe pas ou est peu développée (fig. 4). La figure 2 de la planche XII montre le clivage e^1 (011) très distinct dans une pseudomorphose calcaire d'une macle provenant des caillasses de Vaugirard.

J'ai fait représenter dans la planche XIII (fig. 8) un cristal de forme tout à fait exceptionnelle provenant de Montmartre (1); contrairement à ce qui a lieu d'ordinaire dans les macles de ce type, les faces m (110) y sont très distinctes et larges, les faces u moins arrondies que d'ordinaire et les faces g^1 (010) assez larges.

Les macles qui nous occupent sont loin d'avoir toujours la régularité

(1) Il n'est pas impossible que ce cristal provienne des *marnes vertes*.

théorique des échantillons représentés ci-dessus, le plus généralement les deux individus composants n'ont pas la même dimension, l'inégalité déjà marquée dans la figure 8 de la planche VIII s'accentue et l'on trouve souvent une grosse lentille englobant une ou plusieurs lentilles plus petites ; tantôt ces petits individus sont placés du même côté, tantôt ils se trouvent alternativement à droite et à gauche de l'individu principal.

Ces variations de forme s'observent surtout dans les échantillons de petite taille. Il n'est pas rare d'y rencontrer par exemple deux lentilles entrecroisées de telle sorte que leurs clivages g^1 montrent deux pointes placées bout à bout avec (fig. 5) ou sans pénétration. Les groupes de ce genre peuvent se reproduire plusieurs fois dans un même échantillon.

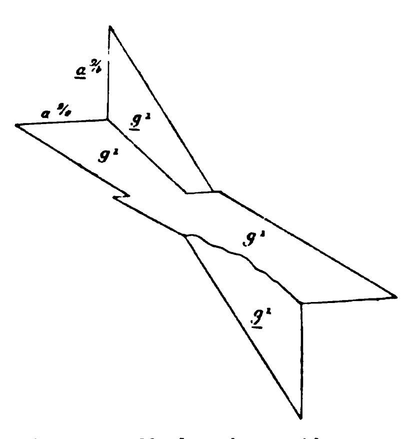


FIG. 5. — Macle suivant $a^{1/2}$, avec pénétration : face g^1.

On trouve parfois dans les marnes ludiennes un grand nombre de lentilles maclées, enfilées à la suite les unes des autres suivant l'arête g^1 $a^{1/2}$: tantôt elles ont une parfaite régularité de formes, tantôt au contraire, comme dans la figure 1 de la planche VIII, quelques individus du groupement présentent un développement exagéré par rapport aux autres. Enfin les lentilles maclées s'enchevêtrent souvent d'une façon quelconque.

La figure 3 de la planche XII représente en grandeur naturelle un curieux échantillon que mon collègue M. Stanislas Meunier m'a communiqué, il provient d'Andrésy (Seine-et-Oise). On y voit disséminées dans une marne calcaire une série de petites lentilles de gypse, maclées suivant $a^{1/2}$ et emboîtées les unes sur les autres, mais au lieu d'être régulièrement enfilées les unes à la suite des autres suivant une droite comme dans le cas précédent, elles le sont suivant une ligne courbe et capricieuse qui donne à ces groupements de curieuses formes palmées. Les caillasses de la Glacière à Gentilly [34.108] et celles des environs de Nanterre ont fourni autrefois de magnifiques échantillons du même genre qui peuvent être facilement dégagés, leur gangue étant

une marne argilo-calcaire peu cohérente; lorsqu'elle a disparu par lavage, on distingue les lentilles maclées formant des empilements palmés les plus élégants.

Type II. — Les cristaux du type II sont moins abondants que ceux du précédent; comme eux, ils se trouvent, soit disséminés dans les argiles, soit implantés sur le gypse en roche. Tous les échantillons que j'ai observés viennent de Montmartre, des Buttes-Chaumont, du Pré-St-Gervais, de Pantin, de Noisy-le-Sec, de Romainville, leur surface est arrondie, luisante, mais ne présente aucun produit d'altération.

Ces cristaux sont essentiellement caractérisés par un très grand

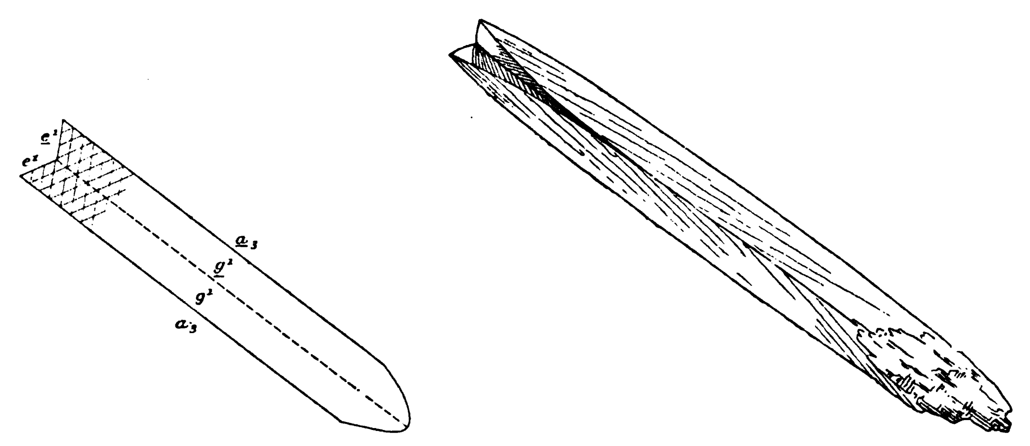


FIG. 6. — Macle suivant $a^{1/2}$ (type II). Figure théorique de la face g^1.

FIG. 7. — Macle suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) : (type II).

allongement suivant une arête a_3 a_3; la forme a_3 existe souvent presque seule, oscillant avec $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$). Quelques cristaux sont extrêmement aplatis, parallèlement à cet hémidome qui n'est jamais plan, mais qui constitue des surfaces gondolées et très irrégulières.

Les cristaux du type II ont la forme de lames de couteau arrondies et plus ou moins aplaties. Ils sont terminés par un angle rentrant généralement formé par des faces arrondies e^1 (011) ou $a^{9/4}$ ($\bar{9}04$). Les clivages g^1 (010), au lieu d'offrir la forme en fer de lance, affectent celle de la figure 6, dont les plus grands côtés sont parallèles à la ligne de macle. Les cristaux de ce type peuvent dépasser 20 centimètres suivant une arête $a^{1/2}$ g^1. J'en ai observé qui ont été brisés, puis ensuite naturellement ressoudés; ils sont souvent associés aux macles du type I.

Type III. — Les cristaux de ce type sont, comme ceux du précédent, allongés suivant l'arête $a_3\,a_3$ et caractérisés par un large développement des faces m (110), grâce auquel l'angle rentrant des macles précédentes n'existe plus (fig. 8). Les cristaux sont alors terminés par un pointement à quatre faces. Dans la face g^1 (010), les arêtes mm des deux individus font entre elles un angle de 104°52'.

L'unique cristal isolé de ce type que j'ai eu l'occasion d'étudier se trouvait dans un lot de cristaux du type précédent provenant de Pantin. Les faces m sont profondément creusées de cannelures verticales; les faces a_3 sont arrondies, creusées, elles aussi, de figures de corrosion. Ce cristal est transparent et légèrement teinté en jaune; la ligne de macle n'est accusée que par l'existence d'un nuage jaune foncé. Il mesure 4 centimètres suivant l'arête $g^1\ a^{1/2}$. Il a été en partie brisé par un large clivage g^1. C'est à ce même type que se rapportent des cristaux des marnes supra-gypseuses qui seront décrits plus loin.

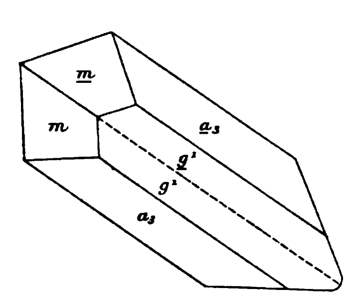


Fig. 8. — Macle suivant $a^{1/2}$ (type III). Projection sur g^1.

B. — Gisements oligocènes.

De fort beaux cristaux de gypse se rencontrent localement dans les marnes supra-gypseuses et surtout dans les marnes vertes. Les carrières de Belleville, de Ménilmontant, des Buttes-Chaumont, ont fourni jadis de superbes échantillons cités pour la première fois par Pasumot (1) aux Buttes-Chaumont. Cet auteur y signale aussi des cristaux distincts recouvrant la partie supérieure de petits lits gypseux intercalés à divers niveaux dans les mêmes marnes. Ces cristaux se trouvent surtout après l'hiver à la surface des marnes éboulées et délavées par les eaux. Ils sont d'ordinaire incolores, et par cette particularité ressemblent à ceux de l'argile plastique. Ce n'est que rarement qu'ils sont un peu teintés en jaune. Les

(1) *Journal de Physique*, XXX, 84, 1787.

grandes lentilles des marnes vertes de la butte d'Orgemont à Argenteuil, de Massy près Longjumeau présentent des zones d'accroissement plus ou moins jaunes, ainsi que des inclusions argileuses.

Les échantillons que j'ai examinés proviennent des anciens gisements de Montmartre, des Buttes-Chaumont, de Belleville, de Pantin, d'Argenteuil; un certain nombre d'entre eux se trouvent dans les collections d'Haüy et de Romé de l'Isle, j'ai recueilli moi-même les autres à la butte d'Orgemont à Argenteuil. J'y ai observé trois types.

α. *Cristaux simples.*

Type I. — Ces cristaux sont tout à fait analogues aux cristaux lenticulaires des argiles ludiennes, mais les faces m (110) et g^1 (010) paraissent y être plus fréquentes. Ils sont incolores ou à peine teintés en jaune pâle. La figure 5 de la planche VIII représente un superbe cristal transparent de Belleville, photographié en grandeur naturelle; les faces arrondies paraissent y être constituées par $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$), $a_{2/9}$ ($\bar{5}49$), $a^{3/2}$ ($\bar{2}03$); les faces a_3 représentées en B sont nettes et brillantes; les faces parallèles sont au contraire très arrondies. Dans d'autres échantillons [61.223], les faces a_3 sont toutes arrondies. Cependant ces cristaux sont généralement nets de formes.

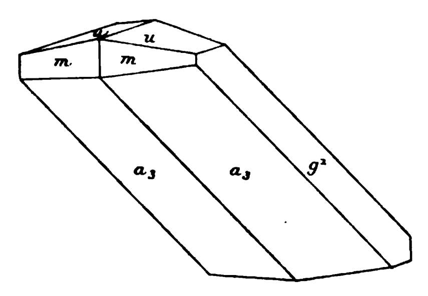


FIG. 9. — Gypse des marnes vertes.

Il n'en est plus de même pour d'énormes lentilles arrondies que j'ai rencontrées récemment à la butte d'Orgemont à Argenteuil, dans la partie supérieure des *marnes vertes*, et immédiatement au-dessous d'un lit de gypse qui surmonte ces dernières. Ces lentilles souvent très altérées (voir à *Pseudomorphoses calcaires*), sont fragiles : elles dépassent parfois 50 centimètres de plus grande dimension, et ne diffèrent comme aspect et comme couleur des grands cristaux ludiens, que par l'existence de zones d'accroissement de teinte jaune ou blanche : beaucoup d'entre elles sont irrégulières et riches en inclusions argileuses.

Quelques-uns de ces cristaux présentent des faces m et rappellent la

forme des individus composant la macle reproduite par la figure 8, de la planche X.

Type II. — Le type II est identique au second type de gypse de l'argile plastique (voir chapitre II); les cristaux aplatis suivant g^1 (010), peu allongés suivant l'axe vertical, présentent les faces m (110) très développées, les faces a_3 ($\bar{2}11$) brillantes, tandis que les faces de la zone $a^{3/2}$ g^1 et souvent en outre uw, sont extrêmement arrondies (fig. 10). Parfois les cristaux, au lieu d'être allongés suivant l'axe vertical, sont un peu allongés parallèlement à la normale à h^1 (100) [Montmartre, Buttes-Chaumont (marnes à *Cyrene*), Pantin (marnes blanches)].

Une mention doit être faite pour des cristaux légèrement teintés en jaune pâle qui établissent le passage au type I; ils sont très allongés suivant l'arête a_3a_3 (fig. 9), leurs faces a_3 sont à peine arrondies (sur un des côtés d'un de ces cristaux, j'ai observé entre g^1 et a_3 une face faisant avec g^1 un angle d'environ 122°, mais qui est trop arrondie pour pouvoir être déterminée exactement), ils présentent en outre u, $a^{3/4}$ et des traces de m.

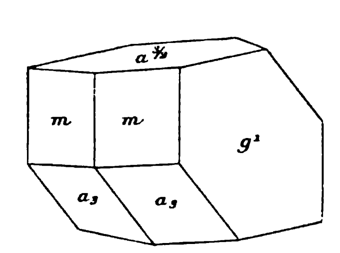


Fig. 10. — Gypse des marnes vertes (type II).

Les marnes vertes de Montmartre, de Ménilmontant, de Pantin, renfermant des cristaux de ce genre, incolores ou verdâtres, réunis en rosettes, atteignent jusqu'à 10 centimètres de diamètre. Les cristaux sont distribués d'une façon quelconque, montrant à l'extérieur du groupement leurs faces m (110) très nettes : c'est très probablement le *gypse en rose* des anciens auteurs.

Type III. — La collection Haüy renferme un cristal de Montmartre présentant la forme du gypse trapézien si fréquent dans l'argile plastique (fig. 5, pl. XIV).

β. *Macles.*

Les cristaux maclés sont très fréquents. Le plus grand nombre des échantillons que j'ai étudiés personnellement se rapportent au type suivant.

Macle suivant h^1 (100). — Cette macle est celle dont il sera question plus loin, dans l'étude du gypse de l'argile plastique.

Les individus qui la constituent, appartiennent au type II : ils sont accolés suivant la face h^1 ($\bar{1}00$) postérieure du premier individu, de telle sorte que les faces $a_3 \bar{a}_3$ font toujours un angle saillant à l'extrémité inférieure du groupement, tandis que l'extrémité supérieure de celui-ci est constituée par $a^{9/4}$, $a_{2/9}$, $a^{3/2}$ ou u : dans le cas de $a^{3/2}$, l'angle $a^{3/2}\,\bar{a}^{3/2}$ étant de 175°38′, les sommets supérieurs des deux individus semblent être sur la continuation l'un de l'autre, l'arrondissement des faces rendant presque insensible le faible angle saillant qui devrait exister normalement. On observe parfois de petites gouttières $a_3\,\bar{a}_3$ contiguës à la ligne de séparation des deux individus. Ces cristaux présentent donc un aspect hémimorphe (fig. 11) : il n'en est cependant pas toujours ainsi ; la macle peut en effet se produire non seulement par accolement, mais encore par entrecroisement des deux individus, de telle sorte que les deux extrémités du cristal sont semblablement terminées par des pointements $a_{2/9}\,\bar{a}_{2/9}$, ou $a^{3/2}\,\bar{a}^{3/2}$: j'ai trouvé dans la collection Haüy un cristal offrant cette disposition.

Les macles de ce genre présentent deux variétés, la première est caractérisée par le grand développement des faces m par suite de l'allongement de la macle suivant l'axe vertical (fig. 9, pl. VIII) ; la seconde présente une forme triangulaire (fig. 11) par suite du grand développement des faces a^2 et la disparition souvent complète des faces m (110) (fig. 4, pl. IX).

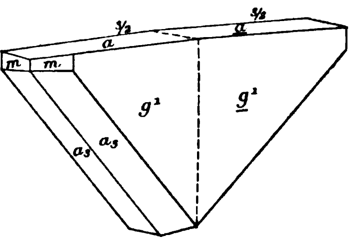


FIG. 11. — Macle suivant h^1 (100), par accolement, du gypse des marnes vertes.

Les macles de la seconde variété sont généralement plus complexes ; un grand nombre d'entre elles s'enfilent suivant l'axe vertical pour donner des groupements curieux dans lesquels les individus constituants vont souvent en décroissant de taille.

Il n'est pas rare de trouver des groupements de ce genre dans lesquels on voit alterner des macles appartenant aux deux variétés ; les angles rentrants latéraux sont produits par les faces a_3 et le plus souvent les faces courbes de la zone $a^{3/2} g^1$.

Ces macles, et particulièrement celles de la seconde variété, sont produites par accolement si intime qu'il est souvent impossible de voir à l'œil nu la ligne de séparation des deux individus constituants, dans une

lame de clivage, le groupement n'apparaît que grâce aux propriétés optiques et à la direction des clivages e^1 (011) qu'il est facile de déterminer par le choc.

Les individus maclés suivant cette loi atteignent souvent de grandes dimensions, l'échantillon d'Argenteuil figuré dans la planche IX (fig. 4) mesure dans g^1, 16 centimètres suivant l'axe vertical et 21 suivant une direction perpendiculaire ; il a été recueilli par M. Lebrun, préparateur au Muséum.

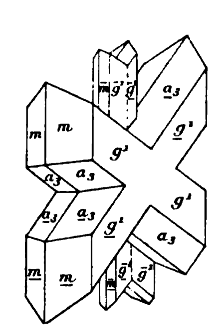


Fig. 12. — Macle suivant h^1, par entrecroisement, du gypse des marnes vertes de Montmartre.

La collection Haüy renferme un cristal provenant de Montmartre formé par le groupement cruciforme de deux cristaux du type III (fig. 5, pl. XIV). Ils sont traversés par une lame plus mince ayant la même orientation, mais constituée par une macle par accolement et par entrecroisement. Ce groupement rappelle celui qui a été décrit par Laspeyres dans le gypse d'Eichstädt (*Tschermak. miner. petr. Mittheil*, 115, 1875).

Macle suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$). — La macle suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) correspondant au type I du ludien (macle en fer de lance) se rencontre dans le gisement de la butte d'Orgemont dont il est question page 217, et à Massy près Longjumeau : elle offre les divers aspects signalés dans les marnes du gypse. Notre collection possède une très belle macle provenant de Montmartre [61.195] correspondant au 3ᵉ type de macle du gypse du ludien ; les faces a_3 sont nettes, très planes et éclatantes, les faces m (110) sont largement développées et la face g^1 (010) ne paraît pas due à des clivages. Cet échantillon presque incolore mesure $3^{cm},5$ de plus grande dimension. Les deux individus constituants n'ont pas exactement la même taille, de sorte que l'un repose sur l'autre laissant voir une petite bordure a_3 et une face arrondie très irrégulière.

C'est probablement ce cristal qui est cité par Des Cloizeaux dans son mémoire sur le gypse, mais la figure qu'il en donne est schématique, l'angle rentrant représenté à la partie postérieure de sa figure 5 n'existe pas dans l'échantillon qui se termine irrégulièrement par des faces courbes (fig. 8).

Un autre échantillon recueilli à la même époque que le précédent à Belleville [61.198] est également transparent, un peu jaune; il mesure 4 centimètres de plus grande dimension. Il présente la même macle ; les faces a_3 sont encore très planes et très développées, mais les faces *m* sont peu larges et l'angle saillant de la macle du type II (page 215) est très net.

Cette macle se rencontre aussi dans les curieuses boules cristallines d'un blanc verdâtre trouvées à Pantin (14.17), à Ménilmontant [35.1305] et à Montmartre (collection Haüy), celles-ci sont essentiellement constituées par des cristaux lenticulaires, identiques à ceux de la figure 5 de la planche VIII, dont les extrémités terminées par les faces *m* (110) font saillie à l'extérieur. Çà et là quelques cristaux offrent la macle qui nous occupe. Tous ces cristaux sont compliqués par de nombreuses interpénétrations à axes parallèles.

C. — Comparaison des formes du gypse parisien et de celles du gypse de formation actuelle dans les marais salants.

Il m'a paru intéressant de comparer les formes des cristaux de gypse se formant actuellement dans les lagunes et dans les marais salants, avec ceux de l'éocène et du miocène qui ont cristallisé dans de semblables conditions pendant la période tertiaire et de montrer l'analogie des cristaux formés dans des conditions analogues. On sait en effet que le gypse est un minéral de formation constante dans tous les gisements salifères; les cristaux que j'ai étudiés à ce point de vue sont ceux des marais salants du Bourg de Batz, des salins d'Aigues-Mortes et de divers autres gisements.

α. *Gypse des marais salants du Bourg de Batz.*

L'existence de beaux cristaux de gypse dans les marais salants du Bourg de Batz a été signalée par M. Baret (1); les premiers cristaux que j'ai étudiés m'ont été donnés par lui. J'en ai récemment fait moi-même

(1) *Bull. Soc. minéralogique France*, IX, 294, 1888.

une abondante récolte dans une excursion, pendant laquelle j'ai eu pour guide M. Lehuédé. Les marais salants du Bourg de Batz, comme tous ceux de la presqu'île guérandaise, présentent la disposition bien connue. L'eau est amenée de la mer par de grands canaux (*étiers*), conduite dans de larges réservoirs (*vasières*) où elle se clarifie, puis dans des compartiments plus petits et moins profonds (*cobiers*). De là, de petites rigoles la distribuent dans une série de divisions rectangulaires, de moins en moins profondes (*fares*, *adernes*) dans lesquelles l'eau s'échauffe et se concentre avant d'arriver aux derniers compartiments ou *œillets* dans lesquels s'effectue la cristallisation du sel.

C'est dans les fares et les adernes que les cristaux de gypse ont été observés. Lors de ma visite à Batz, un été pluvieux avait arrêté le fonctionnement de l'industrie saulnière et je n'ai pu constater la concentration relative des eaux des divers bassins dans lesquels se dépose le gypse. On admet généralement que l'eau a 7° ou 8° Baumé dans les cobiers, 13° à 20° dans les fares et les adernes. L'existence du gypse dans les fares correspond bien à ce que prévoit la théorie, puisque dans les concentrations artificielles de l'eau de mer, le gypse se dépose entre 14° et 30° B. (le sel marin se déposant à partir de 26°).

Les cristaux sont simples ou maclés, ils présentent les formes suivantes :

Type I. — Les cristaux du type I sont caractérisés par le développement à peu près égal des faces g^1 (010) et a_3 ($\bar{2}11$) et leur allongement suivant l'arête d'intersection de ces deux formes ; les faces m (110) sont toujours larges, de même que g^1, elles sont brillantes et striées parallèlement à leur intersection mutuelle, alors que les faces a_3 sont toujours plus ou moins courbes ; il en est de même des autres formes qui suivent ; e^1 (011), u ($\bar{2}33$), δ ($\overline{15}.21.26$), $a^{9/4}$ ($\bar{4}09$), plus rarement $b^{1/2}$ ($\bar{1}11$) et aussi une forme de la zone $a^{3/2}$ g^1, faisant des angles d'environ 140° avec g^1 et d'environ 114° avec m. Parfois la convexité de toutes ces faces n'empêche pas de les mesurer approximativement, mais souvent aussi, elles sont extrêmement courbes, leurs arêtes d'intersection mutuelle arrondies ; elles forment alors avec a_3 des pointements coniques tout à fait comparables à ceux qui ont été décrits plus haut dans le gypse des marnes intragypseuses de l'hôpital Saint-Louis.

Les cristaux de ce type atteignent 3cm,5 suivant la direction d'une arête g^1a_3.

Type II. — Le type II dérive du premier par la disparition souvent complète des faces *m* (110) et g^1 (010), ce qui entraîne l'aplatissement des cristaux par suite de l'angle obtus que font entre elles les faces de la forme dominante a_3. Il est assez fréquent de trouver des cristaux dans lesquels celles-ci sont très brillantes ; on trouve associées à a_3 la plupart des formes signalées plus haut et surtout *u* ($\bar{2}33$). Tantôt les cristaux présentent les faces a_3 et *u* également développées, tantôt et le plus souvent, ils sont allongés suivant une arête a_3a_3. Ces cristaux sont souvent constitués par le groupement à axes parallèles d'un grand nombre d'individus. Cette structure complexe se manifeste par des cannelures parallèles aux arêtes a_3 a_3, a_3 *u* et *u u*. Enfin très fréquemment, toutes les faces sont arrondies et toutes les arêtes courbes.

Ces cristaux lenticulaires offrent toutes les variétés d'aspect que l'on rencontre dans le gypse lenticulaire éocène. Ils se groupent en grand nombre, formant des masses enchevêtrées tout à fait identiques à celles qui sont représentées par la figure 3 de la planche IX.

Macles suivant h^1 (100). — La macle la plus fréquente est la macle suivant h^1 (100) par accolement ; les individus maclés offrent l'identité la plus parfaite avec les macles des marnes vertes et correspondent à la figure 9 de la planche VIII et à la figure 4 de la planche IX.

Les cristaux, toujours aplatis suivant g^1 (010), sont largement développés et présentent, dans le premier cas, un allongement net suivant l'axe vertical avec les faces *m* assez développées. Dans le second cas, les faces *m* sont réduites ou absentes et la macle offre une forme en cœur des plus régulières, semblable à la figure 4 de la planche IX.

Toutes ces macles sont uniformément terminées à l'extrémité supérieure par les formes *u* ($\bar{2}33$) et $a^{9/4}$ ($\bar{4}09$), le plus souvent arrondies, et à la partie inférieure par a_3. Elles sont rarement constituées par deux individus seulement et c'est là encore un point de ressemblance avec les macles des marnes vertes. On observe d'ordinaire un grand nombre de semblables macles, enfilées suivant un même axe vertical. Il n'est pas rare de voir dans des groupements de ce genre, s'enfiler alternativement des macles et des cristaux simples, d'y rencontrer deux macles réunies

bout à bout par celle de leurs extrémités qui est constituée par les formes a_3 : une moitié peut être formée par un cristal simple du type I alors que l'autre est constituée par une macle du type de la figure 9 de la planche VIII : ces particularités sont fréquentes dans les macles des marnes vertes.

Macles suivant $a^{1/2}$. — Les macles suivant $a^{1/2}$ sont constituées par des cristaux lenticulaires ; elles sont extrêmement rares.

Le gypse cristallisé n'a été trouvé jusqu'à ce jour que dans un seul des marais salants des environs de Batz, celui de Grouer, près de la gare, et dans quelques-uns de ses fares seulement. Il n'existe plus dans les derniers compartiments où l'eau de mer, très concentrée, abandonne du sel. Il est probable que des recherches attentives permettraient de le trouver dans d'autres marais, le temps m'a manqué pour effectuer cette recherche.

Je me suis attaché à voir quelle était la distribution relative des formes des cristaux étudiés plus haut dans trois fares successifs dont la concentration varie. Dans le premier fare, le plus rapproché de la rigole amenant l'eau des cobiers, celui par suite dont l'eau est le moins concentrée, le gypse appartient uniquement au premier type. D'une façon générale, lorsqu'on entaille le sol des compartiments de ces salines, on trouve immédiatement recouverte par l'eau, une croûte résistante de matière organique. Celle-ci repose sur une couche de vase noire visqueuse qui recouvre une couche argileuse jaune, elle-même superposée au sable granulitique. Les trois premières couches peuvent dépasser quarante centimètres d'épaisseur. C'est dans l'argile jaune que se trouvent, toujours isolés, les cristaux de gypse, ils doivent à cette particularité leur teinte jaune. Ils se trouvent par nids et sont parfois tellement abondants qu'un coup de bêche permet de retirer une poignée de cristaux atteignant en moyenne 3 centimètres de plus grande dimension.

Dans le second fare, renfermant de l'eau déjà plus concentrée, les cristaux de gypse présentent un mélange des types I et II. C'est là surtout que j'ai rencontré les macles, elles sont assez rares du reste. Ces cristaux se rencontrent à une profondeur plus grande que dans le compartiment précédent, et abondent dans le gravier granulitique ; ils sont presque incolores et renferment de nombreuses inclusions de grains de

quartz, de feldspath, de paillettes de muscovite (1). Les cristaux lenticulaires sont parfois isolés, mais étant donnée leur abondance, ils se groupent pour former des assemblages enchevêtrés, constituant même une véritable roche miarolitique dont on peut enlever à la pioche des blocs de grande dimension.

Enfin dans le troisième fare, le gypse ne se rencontre plus que sous la forme lenticulaire dans les graviers granulitiques; les cristaux sont en moyenne plus petits que dans le compartiment précédent.

Il résulte de ces observations, qui auraient du reste besoin d'être étendues à d'autres marais salants de cette région, que la rapidité de l'évaporation étant la même, les cristaux sont d'autant plus gros, d'autant plus nets et d'autant moins lenticulaires qu'ils se produisent dans une solution plus étendue. Dans les eaux très concentrées, les formes lenticulaires se produisent seules; on comprend dès lors pourquoi les cristaux épars des marnes vertes étant peu abondants, sont généralement nets de forme, tandis que ceux des lits continus de ces mêmes marnes, ceux des masses du gypse ludien et de leurs marnes sont lenticulaires; la concentration de la lagune a été dans ce cas poussée plus loin, puisqu'il s'y est produit des bancs épais du minéral qui fait l'objet de cette discussion.

La grande abondance des cristaux de gypse dans la partie profonde des fares de Batz montre que leur formation se produit grâce à la saturation progressive du sous-sol de ceux-ci, en des points assez éloignés de la surface liquide pour n'être pas influencés par les changements de la concentration qui varie nécessairement avec la température et l'arrivée de l'eau nouvelle déterminée par l'exploitation du marais. Les nombreuses récoltes de cristaux de gypse faites par M. Baret dans les derniers compartiments du marais expliquent peut-être l'absence actuelle de cristaux dans leurs vases jaunes.

(1) Ce gravier est à grands éléments; c'est à sa partie superficielle que se produit le gypse, aussi les cristaux de ce minéral ne contiennent-ils qu'une quantité relativement faible de ces inclusions. C'est par une cristallisation dans des conditions analogues, mais au milieu d'un sable fin homogène, que se sont formées les belles cristallisations de gypse lenticulaire du Souf (Algérie) qui servent de ciment à d'innombrables grains de quartz; ils sont à comparer à ce point de vue aux cristaux de calcite des grès de Fontainebleau. Comme dans ceux-ci, leur structure est un des meilleurs exemples que l'on puisse donner de la structure poecilitique.

β. *Gypse des salins de la Méditerranée.*

Je viens de recevoir de M. E. Gervais une intéressante série d'échantillons du gypse qui se dépose dans les parténements des salins d'Aigues-Mortes, équivalents des fares et des adernes des marais salants de Batz. L'aspect de ces cristaux est un peu différent de celui du gypse de Batz et cela tient peut-être à la rapidité plus grande de l'évaporation de l'eau des salins. Le gypse forme dans les bassins dont l'eau a une densité de 14° à 16° Baumé, des croûtes gondolées reposant directement sur le sol. Elles sont constituées par de petits cristaux d'un blanc jaunâtre présentant des faces m, $a^{3/2}$, u ou w, libres : ils sont allongés suivant une arête $g^1 a^{1/2}$ et aplatis parallèlement à $a^{1/2}$. Les faces a_3 sont courbes et généralement non mesurables. Ces cristaux sont donc à comparer comme forme à la figure 9, ressemblent surtout à ceux des marnes miocènes ; ils présentent des zones d'accroissement diversement colorées, grâce à des inclusions d'argile noire.

Les observations sur la disposition du gypse dans les salines qui viennent de m'être communiquées sont conformes à celles de Dieulafait (1) : les croûtes gondolées du gypse reposent sur une boue noire, visqueuse, qui recouvre elle-même une zone jaunâtre, M. Gervais n'a cependant pas trouvé dans celle-ci les cristaux de gypse isolés ou plus souvent groupés, signalés par Dieulafait. Dans les anciens marais, on trouve des masses miarolitiques, constituées par des lentilles indéterminables, avec parfois des géodes de beaux cristaux distincts, ayant la même forme que ceux décrits plus haut.

γ. *Gypse de diverses lagunes.*

L'île de Sel au Cap-Vert fournit de beaux cristaux lenticulaires incolores de gypse ; les faces a_3 $(\bar{2}11)$ ne sont pas plus développées que les faces $a^{3/2}$ $(\bar{2}03)$ toujours ternes et arrondies ; les faces m et g^1 sont souvent peu larges (fig. 9), il existe aussi des lentilles à surface complètement arrondie semblables à celles de Batz. Une mention toute spéciale doit

(1) *Ann. chim. et phys.* XIV, 383, 1878.

être faite pour deux macles suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), identiques l'une à la figure 8, l'autre au type II de la macle du gypse ludien (figure 6).

Notre collection possède une série de beaux cristaux de gypse, recueillis par Al. d'Orbigny (1) dans la Saline d'Andres Paz, située à 6 lieues de Carmen de Patagones, près de l'embouchure du Rio Negro (République Argentine). Ils atteignent 30 centimètres suivant leur arête d'allongement a_3a_3. Cette dernière forme (a_3) domine, ses faces sont très planes, alors que les faces $a^{3/2}$ ($\bar{3}02$) sont irrégulières, ternes et bosselées ; g^1 existe parfois, mais généralement par clivage.

2° Gypse en roche.

La distinction établie plus haut entre le gypse éocène et celui du miocène de la région parisienne au point de vue de la forme des cristaux isolés dans les marnes, n'a pas de raison d'être quand on examine les dépôts entièrement gypseux. Le gypse en roche des divers niveaux géologiques présente une grande constance de caractères extérieurs et de structure. Je ne veux du reste qu'indiquer ici les grands traits de celle-ci, sans entrer dans des détails circonstanciés.

Le gypse en roche se rencontre particulièrement dans le *ludien* où il est exploité ; il y forme des masses dont il a été question plus haut et qui ont une épaisseur moyenne d'environ 30 mètres. Je renvoie à la coupe classique de Montmartre donnée par Cuvier et Brongniart (2) pour l'énumération des caractères extérieurs de chaque couche de cet ensemble, me contentant de rappeler que la première masse, la plus importante, présente de volumineuses fentes de retrait (3) qui depuis longtemps lui ont fait donner le nom de *hauts piliers*.

Les échantillons dont la composition sera étudiée plus loin ont été recueillis à Montmartre, à Clignancourt, aux Buttes-Chaumont, à Belle-

(1) *Voyage dans l'Amérique méridionale*, III, 61, 1842.

(2) *Op. cit.*, 228.

(3) De curieuses fentes de retrait, rappelant les cassures perlitiques des roches volcaniques, s'observent dans les marnes intragypseuses : la figure 5 de la planche XVI représente un échantillon de gypse recouvert d'un enduit de marne blanche offrant cette structure ; il a été recueilli par A. Brongniart dans des fouilles faites en 1834 au nord du parc de Saint-Cloud. Des fentes de retrait analogues, mais non identiques, ont été trouvées à Argenteuil dans les marnes à *Pholadomya ludensis*.

ville, à Ménilmontant, à Romainville, à Noisy-le-Sec, à Montreuil, à Argenteuil, à Sannois.

Dans les *marnes blanches supragypseuses blanches et bleues*, dans les *marnes à Cyrene* et dans les *marnes vertes*, le gypse en roche forme aussi de petits lits peu épais.

Le gypse en roche du *lutétien* et du *bartonien* est connu depuis la publication faite par M. Munier-Chalmas (1) du résultat des sondages effectués par MM. Dru et Arrault. A Paris, les dépôts gypseux du *lutétien supérieur* peuvent atteindre 7 à 8 mètres ; ils ont été reconnus à la gare de l'Est, au quai Jemmapes, à Brévannes, à Choisy-le-Roi, etc. Le gypse et ses marnes peuvent atteindre $2^m,50$, dans la zone moyenne des *sables de Beauchamp* de Choisy-le-Roi et la même épaisseur dans le niveau du *calcaire de Ducy* à Belleville et au quai Jemmapes, et $1^m,50$ à $4^m,25$ au niveau du *calcaire de Saint-Ouen* dans ces deux dernières localités. Les échantillons que j'ai étudiés proviennent du lutétien traversé par les fondations de l'abattoir de Vaugirard.

Le gypse en roche de la région parisienne présente un aspect des plus caractéristiques. C'est une roche dont le type moyen d'un blanc jaunâtre est éminemment cristallin. Le grain est variable ; tantôt en effet le secours d'une loupe est presque nécessaire pour distinguer les éléments qui la constituent, tantôt au contraire la roche est saccharoïde et ses éléments atteignent $0^{mm},2$ de plus grande dimension. On rencontre même quelques variétés (gypse porphyroïde) dans lesquelles une grande quantité de cristaux porphyroïdes de gypse, pouvant atteindre plusieurs millimètres, se trouvent au milieu d'une pâte à grain uniforme.

La roche est parfois tenace, mais le plus souvent, elle est facile à briser et même à émietter sans le secours du marteau, elle met alors en liberté une poudre cristalline dans laquelle brillent les clivages g^1 du gypse.

Dans les lits minces et au contact des bancs de marne, le gypse se charge de marne calcaire et il est facile de trouver tous les passages progressifs entre le gypse pur et la marne ne contenant que quelques cristaux lenticulaires clairsemés.

(1) *C. Rendus*, CX, 663, 1890.

Le gypse parisien est fréquemment calcarifère, cette particularité a depuis longtemps attiré l'attention et Delaméthrie l'avait jugée suffisamment intéressante pour qu'il ait désigné (1) la roche qui nous occupe sous le nom de *Montmartrite*.

L'examen microscopique (2) fait voir que quelles que soient les variétés macroscopiques considérées, leur structure est peu variée, la grandeur relative des éléments, l'existence ou l'absence de cristaux porphyroïdes venant seules les différencier. Le gypse automorphe est formé par des lentilles qui ne diffèrent en rien de celles qui ont été étudiées à l'état isolé; il faut noter cependant la rareté de la macle suivant $a^{1/2}$, si fréquente dans les cristaux libres.

Ces lentilles sont pressées les unes contre les autres, sans aucun ciment dans le gypse friable. Lorsqu'il existe de la marne, celle-ci moule les lentilles gypseuses dont les formes sont alors toujours très nettes, les cristaux n'ayant pas été gênés dans leur formation par des individus voisins. Cette structure est visible à l'œil nu dans les lits minces de gypse qui se trouvent dans les marnes et particulièrement dans celles du miocène ; ils sont souvent formés par l'enchevêtrement miarolitique de lentilles atteignant quelques millimètres de diamètre.

Quant à la calcite, elle se présente en grains, en rhomboèdres aigus plus ou moins nets, elle moule le gypse ou est englobée par lui. Il me semble probable que dans beaucoup de cas, cette calcite est d'origine secondaire et constitue le commencement des épigénies qui seront étudiées plus loin.

La monotonie de cette composition n'est interrompue que par l'existence de deux minéraux, le *quartz* et la *célestite*.

Le quartz est connu depuis longtemps sous forme de nodules ellipsoïdaux aplatis, dont la figure 4 de la planche XV reproduit une cassure. Ces rognons désignés sous le nom de *silex corné* par Cuvier et Brongniart, de *fusils* par les ouvriers carriers parisiens, se rencontrent à la base de la première masse du gypse. J'ai rencontré le quartz micros-

(1) *Leçons de minéralogie*, II, 380, 1812.

(2) Je ne m'occupe pas des propriétés optiques de ce gypse qui n'offrent rien de spécial : je ferai seulement remarquer qu'il est nécessaire de monter à froid les préparations microscopiques des roches : sans cette précaution, le gypse subit des modifications profondes et prend alors l'aspect maclé des deux grands cristaux de la figure 1 de la planche X ou même se transforme complètement.

copique dans le gypse de tous les niveaux du ludien. Je le considère dans tous les cas comme d'origine secondaire et en reparlerai plus loin.

J'ai découvert la *célestite* comme élément microscopique du gypse dans quelques échantillons que j'ai recueillis dans la *basse masse* d'Argenteuil ; elle y constitue des grains irréguliers ou de petits prismes qui, d'après le profil de leurs sections, me paraissent avoir la même forme que ceux qui seront étudiés plus loin. Les sections h^1 notamment, perpendiculaires à la bissectrice aiguë positive, sont limitées par des faces e^1 (011), faisant entre elles des angles plans de 76° et de 104°. La célestite se distingue bien du gypse qui l'englobe par son indice médian (1,624), beaucoup plus grand que celui du gypse (1,524) ; la biréfringence maximum (0,009) de ces deux minéraux est la même ; elle est égale aussi à celle du quartz qui se trouve dans la même roche. Celle-ci contient également quelques ponctuations de calcite. La figure 1 de la planche X représente une lame mince de cette roche, vue en lumière polarisée parallèle, quelques grains de célestite s'y distinguent du gypse par leur plus grand relief.

L'existence de célestite dans le gypse a une certaine importance théorique, sa cristallisation simultanée de celle de ce dernier minéral, conforme à la théorie (1), évite d'avoir recours à une hypothèse compliquée pour expliquer l'existence dans les marnes supérieures du ludien et dans les marnes vertes de l'oligocène, des rognons de célestite dont l'étude sera faite plus loin.

Les observations qui viennent d'être faites au point de vue de la composition et de la structure du gypse s'appliquent aussi bien au gypse des différents niveaux du *ludien* qu'à celui du *lutétien* et de l'oligocène.

Il existe cependant dans la région parisienne, à Thorigny, près Lagny, aux environs de Meaux, une variété de gypse présentant une structure tout à fait différente de celle-ci. Ce gypse offre du reste un aspect extérieur également différent, il est blanc, compact et ressemble assez au gypse triasique pour avoir été depuis longtemps désigné sous le nom d'*albâtre de Lagny*. Sa structure microscopique rappelle, elle aussi, celle

(1) M. Dieulafait a montré, en effet, que quand l'eau de mer s'évapore, de très petites quantités de strontium se déposent sous forme de carbonate et de sulfate, en même temps que la calcite et surtout que le gypse.

du gypse triasique; la roche est composée par des plages xénomorphes de gypse, enchevêtrées et rappelant la structure de certains quartzites. Au milieu de ce gypse compact, se rencontrent de larges masses de gypse laminaire d'un blanc opaque ; elles renferment parfois des plaques incolores, jaunes, translucides ou transparentes ; c'est au milieu de ces masses que j'ai rencontré des grains de célestite et des cristaux cristallitiques d'*anhydrite* ; ils sont faciles à distinguer du gypse par leurs trois clivages rectangulaires, leur haute biréfringence ($n_g - n_p = 0044$), leur réfringence plus grande ($N = 1,587$). Le signe de leur bissectrice est positif comme celui du gypse, l'écartement des axes est faible. Ce cas d'anhydrite est le seul que j'ai observé dans le gypse de la région parisienne : contrairement à ce qui se passe dans la plupart des gisements triasiques, le gypse n'est pas ici le produit de l'hydratation de l'anhydrite.

Le gypse de Lagny est célèbre par les cristaux de quartz qu'il renferme. Ils seront étudiés plus loin.

3° Pseudomorphoses de gypse.

La région parisienne renferme de très nombreuses pseudomorphoses de gypse en produits siliceux ou calcaires; les pseudomorphoses siliceuses sont de beaucoup les plus intéressantes. Elles se rencontrent à tous les niveaux gypseux éocènes et dans quelques-uns d'entre eux, le gypse intact n'existe même plus aux affleurements.

L'existence de ces pseudomorphoses siliceuses a été signalée pour la première fois par Pasumot (1), qui trouva à Passy, près du château de la Muette, de remarquables échantillons dont notre collection possède une belle série. C'est d'après la forme lenticulaire, que cet auteur décrivit le minéral comme gypse, en faisant remarquer que les cristaux présentent souvent des vides intérieurs, tapissés par des houppes de petits cristaux limpides. Peu après son premier mémoire, Pasumot annonçait (2) que d'après les essais de Sage, le minéral était exclusivement formé par du quartz et il le désigna sous le nom de *quartz grenu en cristaux lenticu-*

(1) *J. de physique*, XVI, 155, 1780.
(2) *Id.*, 234.

laires, c'est sous cette dénomination, du reste, que Romé de l'Isle l'indique dans sa *Cristallographie* (1).

Pasumot cite ce minéral dans de nombreux gisements, notamment à Saint-Ouen, sur les hauteurs d'Herblay, en allant à Conflans-Sainte-Honorine, ainsi que près de Germigny sur la Marne; il l'assimile au quartz en rose des environs de Compiègne, de Saint-Germain-en-Laye et le signale dans les environs d'Issy et de Vaugirard. A ses yeux, ce quartz était d'origine secondaire et dû à des infiltrations superficielles.

Ce fut Haüy (2) qui établit la nature pseudomorphique du minéral de Passy en montrant son analogie de forme avec le gypse lenticulaire de Montmartre, analogie qui avait déjà frappé Pasumot.

Tous les échantillons signalés par les auteurs précédents proviennent du *lutétien supérieur* (caillasses).

Cuvier et Brongniart (3) ont signalé des pseudomorphoses du même genre dans les fondations de l'Arc de Triomphe (sables de Beauchamp d'après M. G. Dollfus, qui en a retrouvé (4) au même niveau à Bois-Colombes et à la briqueterie de Suresnes).

Des pseudomorphoses analogues ont été trouvées, vers 1836, au niveau du calcaire de Saint-Ouen (*bartonien*), dans les travaux du creusement du tunnel du chemin de fer de Versailles qui se trouve dans le parc de Saint-Cloud. Elles n'ont jamais été décrites, la collection du Muséum en possède une très belle série recueillie par Huot. Notre collection renferme aussi une nombreuse série d'échantillons du même genre rencontrés par Ch. d'Orbigny, en janvier 1836, dans la tranchée du chemin de fer traversant la plaine Monceau; ce sont sans doute ces pseudomorphoses que cet auteur cite (5) dans la coupe qu'il a donnée de cette tranchée.

Plus récemment, l'attention a été de nouveau appelée sur les pseudomorphoses de gypse du *lutétien* et du *bartonien*, par M. Munier-Chalmas (6) qui a montré qu'elles se trouvent exclusivement sur le bord

(1) *Cristallographie*, II, 131.
(2) *Traité de minéralogie*, I, 437, 1801.
(3) *Descript. géol. des environs de Paris*, 149, 1822.
(4) *Notice sur une nouvelle carte géol. des env. de Paris*, 1835-43.
(5) *Bull. Soc. géol.*, VII, 161, 1836.
(6) *Bull. Soc. géol.*, XVII, 1889, et *C. Rendus*, CX, 663, 1890.

des vallées quaternaires, aux affleurements des niveaux lagunaires qui renferment des bancs de gypse intact là où les eaux superficielles n'ont pu les dissoudre et les transformer. Le même géologue a signalé à Gentilly, au-dessous du fort de Bicêtre, des pseudomorphoses analogues dans deux niveaux lagunaires des *sables de Beauchamp*, l'un situé dans la partie moyenne de ceux-ci (zone à *Melania hordacea*), l'autre intercalé dans les *calcaires de Ducy*. C'est dans ces pseudomorphoses, considérées jusque-là comme formées par du quartz normal ou par de la calcédoine, que ce savant a trouvé le minéral décrit par M. Michel-Lévy et lui sous le nom de *lutécite*.

Enfin, je montrerai dans ce mémoire que des pseudomorphoses analogues aux précédentes se rencontrent à divers niveaux du ludien et de l'oligocène.

Il ressort de ce court résumé historique que les pseudomorphoses de gypse existent à tous les niveaux gypsifères de l'éocène et de l'oligocène; et qu'elles sont particulièrement abondantes dans les *caillasses* et dans le *calcaire de Saint-Ouen*.

A. — PSEUDOMORPHOSES SILICEUSES.

Les produits siliceux qui constituent cette catégorie d'épigénie du gypse sont constitués par divers minéraux du groupe du quartz et par de l'opale.

Les premiers consistent en *quartz* normal à formes nettes ou cristallitiques et en diverses *variétés* fibreuses du même minéral, la *calcédoine* et les deux produits désignés par MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas sous le nom de *quartzine* et de *lutécite* (1).

Ces minéraux fibreux diffèrent essentiellement les uns des autres par l'orientation de leurs fibres par rapport à la direction des axes de l'ellipsoïde des indices; dans la *calcédoine*, l'allongement des fibres a lieu suivant n_p, dans la *quartzine* suivant n_g, dans la *lutécite* enfin, suivant une direction du plan $n_g n_m$ faisant avec n_g un angle qui ne paraît pas établi encore d'une façon définitive et qui semble être intermédiaire entre 29° et 45°

(1) *Op. cit.* et *Bull. Soc. minér.*, XV, 159, 1892.

(32° d'après M. Wallerant). L'étude optique de ces divers produits siliceux n'étant pas l'objet de ce travail, je renvoie pour la discussion de ce sujet au mémoire détaillé de MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas et à celui plus récent de M. Wallerant (1) dans lequel ce savant a étudié d'une façon spéciale la corrélation existant entre la biaxie de ces produits siliceux et le pouvoir rotatoire du quartz. Les matériaux que j'ai personnellement recueillis sur cette question seront décrits dans le tome III de ma *Minéralogie de la France* qui paraîtra l'an prochain.

Notons toutefois que la lutécite se présente parfois en cristaux macroscopiques, ayant la forme de pyramides hexagonales surbaissées, irrégulières, dont les angles sont difficiles à mesurer, à cause de l'aspect calcédonieux des surfaces et de nombreuses stries (l'angle de deux faces adjacentes du pointement paraît osciller entre 123° et 127°). Ces cristaux ne sont jamais isolés, ils s'enfilent en plus ou moins grand nombre suivant leur axe pseudo-hexagonal ou encore s'empilent suivant une des faces de la pyramide (fig. 13, d'après MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas). La figure 1 de la planche XV reproduit la photographie d'une pseudomorphose de gypse de Clamart, montrant un grand nombre de cristaux de lutécite dont la forme est très visible à la loupe. L'échantillon photographié m'a été donné par M. Munier-Chalmas.

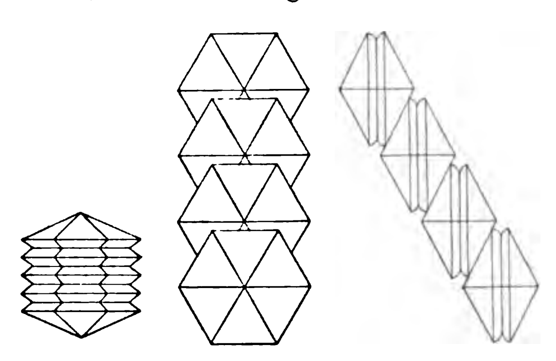


Fig. 13. — Groupements macroscopiques de lutécite.

Les figures 2 et 4 de la planche X représentent des sections parallèles ou perpendiculaires à l'axe vertical des cristaux de lutécite, photographiées en lumière polarisée parallèle ; elles montrent la disposition des groupements complexes qui les constituent (Clamart). Les préparations photographiées m'ont été communiquées par M. Michel-Lévy, et sont celles qui ont été représentées dans le mémoire précité ; il en est de même pour l'échantillon reproduit figure 3 de la même planche et qui

(1) *Bull. Soc minéral.*, XX, 52, 1897.

montre une section basique de quartz entourée par une zone de lutécite (Lizy-sur-Ourcq).

Voyons maintenant comment sont distribués ces divers produits siliceux dans les pseudomorphoses gypseuses : celles-ci ne sont généralement pas massives, la somme des minéraux néogènes n'était pas égale à celle du gypse disparu : il en résulte des cavités constituant des géodes parfois tapissées de cristaux.

α. *Pseudomorphoses sans opale.*

Les pseudomorphoses dans lesquelles les produits siliceux sont tous cristallisés sont celles du *lutétien,* du *ludien* et enfin une partie de celles du *bartonien*.

Dans les pseudomorphoses des divers niveaux du lutétien et dans celles du bartonien, les grandes lentilles gypseuses sont non seulement en partie transformées en produits siliceux, mais encore imprégnées de calcite, dont les rhomboèdres e^1 tapissent les cavités ou recouvrent la surface ; il est nécessaire de faire disparaître la calcite par un traitement à l'acide chlorhydrique pour pouvoir étudier les minéraux siliceux. C'est ainsi que les cristaux de Vaugirard, figurés dans la planche XII, ont subi ce nettoyage préalable.

Il existe de nombreux passages entre ces pseudomorphoses dans lesquelles dominent les produits siliceux et celles qui ne sont plus constituées que par de la calcite.

Dans quelques gisements, et notamment à Passy, le calcaire n'accompagne pas toujours ces produits siliceux.

De grandes différences locales existent dans la nature des minéraux siliceux qui constituent les pseudomorphoses. Tantôt en effet, on n'y trouve que du quartz cristallisé, tantôt au contraire seulement de la lutécite, alors que dans d'autres cas, le quartz et la lutécite sont associés entre eux et avec de la quartzine.

La pseudomorphose s'est effectuée souvent par la périphérie et dans beaucoup de cas s'est propagée le long des clivages g^1 (010), h^1 (100) ou e^1 (011) ; cette disposition peut être étudiée avec une grande facilité dans

les pseudomorphoses du bartonien qui seront examinées dans le paragraphe suivant.

Les pseudomorphoses de Passy ont souvent des surfaces extérieures parfaitement lisses, elles sont alors constituées essentiellement par du quartz cristallisé dont les pointements distincts s'observent parfois dans les cavités des lentilles; cette particularité avait été signalée par Pasumot dans sa description de 1786 : beaucoup d'entre elles sont extrêmement riches en lutécite, dont les cristaux sont indépendants ou groupés autour du quartz comme dans la figure 3 de la planche X.

J'ai étudié de nombreux échantillons recueillis par M. Jecker dans les fondations des abattoirs de Vaugirard; c'est de là que proviennent les beaux spécimens qui ornent aujourd'hui notre galerie (planche XII). Ces pseudomorphoses se trouvaient dans un lit épais de quelques décimètres, situé à environ 7 mètres au-dessous du niveau actuel de la cour de l'abattoir : elles étaient très abondantes. Les lentilles gypseuses atteignent souvent 20 centimètres de diamètre. La composition intime des pseudomorphoses de ce gisement est peu compliquée; on n'observe guère que du quartz, groupé parfois autour d'orbicules fibreux et concrétionnés de quartzine, semblables à ceux que MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas ont décrits dans les pseudomorphoses de Clamart (fig. 4 de la planche III du mémoire précité). Après traitement par l'acide chlorhydrique, les produits siliceux se présentent sous la forme d'une masse poreuse, constituée par de petits cristaux de quartz enchevêtrés. Ils sont généralement cristallitiques, les faces des pyramides sont très souvent creuses, et les nombreuses cavités de ces cristaux peuvent être comparées à celles du quartz de Poretta considérablement exagérées.

Ces cristaux sont généralement implantés sur les parois du cristal de gypse, sans aucune relation géométrique avec lui; assez fréquemment on les voit accolés sur elles par une face p ou $e^{1/2}$. Ces formes cristallitiques, très visibles à la loupe, sont plus distinctes encore dans les lames minces taillées dans les pseudomorphoses avant traitement par les acides.

Des cristaux du même genre, mais présentant une disposition plus régulière, se rencontrent à l'état isolé dans les pseudomorphoses presque exclusivement calcaires des caillasses des carrières de Vanves près la

porte de Versailles et dans celles de Clamart; les échantillons de ce dernier gisement exploré par M. Munier-Chalmas ont été décrits récemment par M. Wallerant (1). Les échantillons que j'ai examinés m'ont été donnés autrefois par M. Munier-Chalmas ou ont été recueillis par M. Jecker à Vanves. Ces petits cristaux de quartz sont cristallitiques, parfois implantés plus ou moins perpendiculairement à la gangue; les faces prismatiques sont brillantes, striées, mais peu développées, les faces de la bipyramide ont en partie disparu : chaque cristal est ainsi réduit à un prisme creux dont la cavité présente des stries en gradins en rapport avec la symétrie du minéral ou des lames dentelées, il a l'apparence d'une coupe dont la cavité est plus ou moins irrégulière. Plusieurs cristaux ainsi constitués se réunissent souvent à axes plus ou moins parallèles s'emboîtant les uns dans les autres, donnant naissance à des groupements en forme de bouquets de fleurs, extrêmement élégants de forme.

L'insertion de ces cristaux sur la paroi de la lentille gypseuse se fait parallèlement à une face $p\,(10\bar{1}1)$ ou $e^{1/2}\,(01\bar{1}1)$: cette face est remplacée par une pyramide hexagonale surbaissée, constituée par des gradins successifs et simule une pseudobase. Il me semble inutile de décrire longuement ces formes, en tout point identiques à celles du *babelquartz* de Beralston qui présente cette structure quand les cristaux sont implantés sur des cubes de fluorine (Voir Des Cloizeaux, *Mém. sur le quartz*, fig. 68). Les formes cristallitiques du quartz qui nous occupe s'expliquent aisément par les difficultés rencontrées par la cristallisation du minéral qui ne pouvait s'accroître que lentement, au fur et à mesure de la dissolution du gypse dont il occupe aujourd'hui la place.

Dans les échantillons des abattoirs de Vaugirard que j'ai examinés, je n'ai pas trouvé de lutécite nettement caractérisée. Il n'en est pas de même dans de grandes lentilles trouvées en 1834 dans le même quartier et qui sont presque exclusivement formées par ce minéral qui s'isole dans des géodes en cristaux fort nets. Ils sont semblables à ceux de Clamart, localité où M. Munier-Chalmas a recueilli les beaux échan-

(1) *Bull. Société minéral.*, XX, 173, 1897.

tillons qui ont servi à l'établissement de ce type minéralogique. L'axe vertical des cristaux de lutécite est généralement disposé normalement à la paroi contre laquelle ils se sont formés. La figure 1 de la planche XVI représente une géode de lutécite obtenue par attaque d'une de ces pseudomorphoses par l'acide chlorhydrique.

Les caillasses de la Glacière de Gentilly ont fourni autrefois en abondance considérable des pseudomorphoses gypseuses d'une grande beauté : elles sont riches en lutécite et en quartz et offrent beaucoup de ressemblance avec celles de Passy. J'ai observé un lit gypseux entièrement quartzifié et recouvert superficiellement par des cristaux lenticulaires, eux-mêmes transformés en cristaux de quartz, enduits d'orbicules de lutécite.

Notre collection renferme des pseudomorphoses similaires provenant des environs de Grignon [34. 106; 38. 14], de Pontoise (avec jolis cristaux de lutécite), de la forêt de Saint-Germain, etc.

La calcite de ces diverses pseudomorphoses ne présente aucune particularité intéressante. Elle moule les produits siliceux ; parfois elle a comblé complètement toute la partie du cristal de gypse qui n'était pas remplie par ceux-ci, mais le plus souvent, il reste des cavités dans lesquelles elle se montre en petits rhomboèdres aigus e^1 $(02\bar{2}1)$.

L'examen des couches ludiennes fournit quelques faits intéressants concernant le mode de formation des pseudomorphoses qui nous occupent ici (voir aussi plus loin aux *Pseudomorphoses calcaires*). Dans les marnes intragypseuses d'Argenteuil, jetées dans les déblais des carrières, on rencontre fréquemment des échantillons durcis dans lesquels toutes les lentilles de petite taille ont été enlevées par dissolution. Des lames minces taillées dans ces marnes offrent en lumière parallèle la même structure que les marnes intactes, la place des cristaux de gypse actuellement vides ayant absolument conservé leur forme. On comprend comment des circulations d'eau, saturée de produits calcaires ou siliceux, peuvent, par le remplissage de ces cavités, produire les pseudomorphoses qui nous occupent; les marnes à *Pholadomya ludensis* renferment du reste des blocs dans lesquels de semblables pseudomorphoses calcaires sont en voie de formation. Toutes les pseudomorphoses ne se forment point par remplissage de cavités laissées libres par dissolution du gypse.

Quand un cristal de gypse est exposé aux eaux pluviales, on voit que la dissolution se propage plus rapidement suivant la direction du clivage g^1, de telle sorte que toutes les faces se creusent de profonds sillons, parallèles à la trace de g^1. C'est dans les fentes de ce genre, formées à la surface de macles en fer de lance de Pantin, que j'ai trouvé de jolis cristaux nets de lutécite dont l'axe vertical est implanté perpendiculairement à g^1. Dans d'autres échantillons, les cristaux de lutécite se sont produits sans orientation par rapport au gypse, au fond de la gouttière de la macle. L'origine secondaire de ces produits siliceux n'est pas douteuse. C'est également dans ces mêmes cristaux, que j'ai trouvé les imprégnations de limonite et de pyrite qui seront étudiées plus loin.

Les lames taillées dans le gypse saccharoïde des divers niveaux du ludien recueilli à Montmartre, Belleville, Argenteuil, etc., de même que dans le gypse du lutétien de Vaugirard, renferment presque toujours du quartz dont l'origine secondaire n'est pas douteuse; tantôt il moule les lentilles du gypse, tantôt au contraire il les épigénise; on peut trouver toutes les étapes de leur transformation en cristaux de quartz, pressés les uns contre les autres et renfermant des inclusions de calcite. On y voit les cristaux de quartz se grouper autour d'un centre pour former des rosettes régulières.

Les pseudomorphoses quartzeuses généralement éparses dans le gypse, se concentrent et deviennent macroscopiques, à la base de la première masse du gypse, pour constituer ces concentrations siliceuses appelées *fusils* par les carriers parisiens.

Ces rognons siliceux (figure 5, pl. XVI) ne sont autre chose (1) que des parties de la roche plus ou moins entièrement quartzifiées, ils ont une surface unie et renferment souvent à leur centre du gypse resté intact. On y voit, au microscope, des cristaux nets de quartz, sur lesquels s'orientent d'une façon régulière de la quartzine et de la lutécite. Ces

(1) M. Cayeux a indiqué déjà (*C. Rendus*, CXX, 391, 1895) la nature cristallisée et l'origine de ces nodules et critiqué le nom de silex qui leur a été donné par les vieux auteurs; il y a lieu de faire remarquer que ceux-ci et notamment Cuvier et Brongniart (*op. cit.*, 46) ne confondaient pas au point de vue minéralogique ces concrétions siliceuses avec les silex de la craie (*silex pyromaque*); ils les appelaient *silex cornés* et désignaient sous ce nom les produits siliceux compacts dont le microscope nous décèle aujourd'hui la nature cristalline. C'est sous le même nom du reste que ces auteurs désignaient une partie des lits siliceux des caillasses, etc.

deux produits s'observent en outre en abondance sous forme de rosettes, de sphérolites ou de petites masses concrétionnées irrégulières.

Pour terminer ce qui concerne le développement secondaire de quartz dans le gypse, il y a lieu de signaler ici les remarquables cristaux de quartz du gypse de Thorigny, près Lagny. Ils atteignent plusieurs centimètres, offrant les mêmes particularités que ceux des caillasses lutétiennes de Passy (voir page 247) et sont fréquemment associés à de la calcite. Les blocs constitués par le mélange de ce minéral et du quartz ne se distinguent du reste en rien de ceux des caillasses, et il faut admettre que ce gisement plus encore que ceux des environs immédiats de Paris est actuellement le siège de transformations chimiques analogues à celles qui ont fait disparaître le gypse des affleurements de l'éocène moyen.

β. *Pseudomorphoses renfermant de l'opale et des produits siliceux cristallisés.*

Notre collection possède une très riche série de pseudomorphoses de gypse, recueillies par Ch. d'Orbigny, dans les lits de magnésite des calcaires de Saint-Ouen, rencontrés dans la plaine Monceau par la tranchée du chemin de fer de Versailles. Ils occupent tous la partie centrale de gros rognons de ménilite qui englobent parfois des moules de *Lymnæa longiscata* comme le montre la figure 6 de la planche XV, et la figure 4 de la même planche (des sections de ce fossile se trouvent à la partie supérieure de l'échantillon photographié).

Par suite de la nature siliceuse de leur gangue, ces pseudomorphoses ne peuvent pas être isolées comme celles du lutétien, leur forme est indiquée seulement par celle de la cavité tenant la place du cristal de gypse. Elles sont en effet creuses, les produits siliceux se sont déposés tout d'abord à la périphérie des cristaux, puis ont cheminé le long des clivages, constituant ainsi des cloisons qui, grâce à la disparition postérieure du reste du cristal (disparition effectuée sans substitution cette fois), restent aujourd'hui disposées dans la cavité comme autant de lames parallèles. Les cristaux du gypse épigénisé affectent la forme de grandes

lentilles, ayant parfois plus d'un décimètre de longueur, elles présentent fréquemment la macle en fer de lance suivant $a^{1/2}$. Suivant les échantillons, les produits siliceux ont pénétré dans le cristal en cheminant dans le clivage g^1 ou au contraire dans un clivage e^1 (011), mais en général dans ce dernier cas, un seul de ces clivages e^1 a servi de passage aux produits de transformation. Les figures 4 et 5 de la planche XII représentent des échantillons dans lesquels les cloisons siliceuses montrent les deux dispositions qui viennent d'être indiquées.

Examinées à l'œil nu, ces cloisons sont d'un blanc laiteux, translucides; dans quelques-unes d'entre elles, on peut voir à la loupe de petits mamelons cristallisés, arrondis, parfois transparents.

L'étude microscopique des lames minces, taillées dans ces cloisons, fait voir qu'elles ne renferment pas de quartz, mais qu'elles sont constituées par des lits parallèles à leur aplatissement formés par un mélange d'opale concrétionnée et de calcédoine. Les meilleures sections pour étudier cette association minéralogique sont les sections perpendiculaires au plan des lames. Dans celles-ci, on voit que l'opale, légèrement teintée en jaunâtre, est constituée par des globules assez réguliers, pressés les uns contre les autres et disposés tangentiellement au plan de la lame, ils se réunissent localement pour former des lits absolument continus; globules ou lits d'opale sont enveloppés par de la calcédoine ou alternent avec celle-ci.

La calcédoine est elle-même globulaire et ses sphérolites sont disposés comme les globules d'opale, à moins qu'ils ne tapissent des cavités irrégulières et, dans ce cas, ses fibres sont disposées perpendiculairement aux parois de celles-ci. Dans quelques échantillons, la complexité de structure est plus grande, car on voit apparaître un nouvel élément, la *lutécite*. Celle-ci présente, elle aussi, la même orientation que les deux minéraux précédents, c'est-à-dire que l'axe vertical de ses lentilles pseudohexagonales est disposé perpendiculairement au plan de la lame. Les propriétés optiques permettent aisément de distinguer ces deux minéraux. Il n'est pas rare de voir l'opale disparaître et la pseudomorphose est alors exclusivement constituée par les deux minéraux cristallisés, la lutécite formant assez souvent le recouvrement de la lame dont l'intérieur est alors constitué par de la calcédoine sphérolitique ; il

y a même dans des cas plus rares des alternances successives de fibres de calcédoine et de fibres de lutécite.

Dans des échantillons exceptionnels [37. 4; 37. 17, etc.] la lutécite est extraordinairement développée; on y rencontre à foison des cristaux distincts de ce minéral (fig. 13), ayant environ 1 millimètre, ils sont pressés les uns contre les autres et il est possible d'observer avec la plus grande netteté la structure mise en lumière par les figures 2 et 4 de la planche XI.

Les cristaux de lutécite faisant saillie dans la cavité du gypse sont quelquefois recouverts d'un enduit fibreux de calcédoine, ils sont translucides et constituent de beaux échantillons de collection.

Le creusement du tunnel du chemin de fer qui traverse le parc de Saint-Cloud a fourni à la même époque que celle à laquelle ont été trouvés les échantillons qui viennent d'être étudiés, des pseudomorphoses gypseuses non moins remarquables. Elles sont, soit englobées dans une ménilite grossière, soit engagées dans une marne, imprégnée d'opale. Les nombreux échantillons que possède notre collection ont été recueillis par Huot; les uns présentent à peu près les mêmes particularités de structure que les pseudomorphoses de la plaine Monceau, avec cette différence toutefois que toute la surface intérieure de la cavité libre, de même que celle des cloisons qui correspondent aux anciens clivages du gypse, sont uniformément recouvertes d'une couche de calcédoine mamelonnée d'un jaune très pâle [40. 70].

D'autres échantillons ne renferment aucune cavité; les lentilles de gypse, généralement de petite taille, ne dépassant guère 2 centimètres de plus grande dimension, sont entièrement remplacées par de la lutécite, associée à une petite quantité d'opale et de quartz.

Dans ces pseudomorphoses, l'axe vertical de la lutécite est disposé parallèlement à celui du gypse, souvent le remplissage du cristal de gypse est formé par des cristaux de lutécite complets, empilés les uns sur les autres avec la même orientation, de telle sorte qu'une section de l'assemblage parallèle à l'axe vertical du gypse montre tous les cristaux de lutécite avec la structure représentée par la figure 2 de la planche XI. Dans d'autres cas, toute la surface intérieure de la lentille est recouverte d'une croûte fibreuse de lutécite, le milieu seulement de la pseudo-

morphose étant occupé par des rosettes complètes du même minéral. L'opale occupe généralement le bord du cristal épigénisé [48. 24].

Dans un seul échantillon [40. 71], j'ai rencontré du gypse intact, le milieu d'un petit nombre des lentilles de ce spécimen est occupé par du gypse limpide. La figure 1 de la planche XI représente une lame mince taillée parallèlement au clivage g^1 (010) du gypse, elle met en évidence ce fait énoncé plus haut que l'axe vertical de la lutécite coïncide en direction avec celui du minéral primordial.

La lutécite ne se rencontre pas seulement dans les pseudomorphoses de gypse, ses cristaux sont aussi distribués, mais en petite quantité, dans la ménilite du même gisement. Elle y présente une disposition intéressante, ses cristaux isolés sont placés dans les plans de schistosité du minéral, de telle sorte que leur axe vertical est perpendiculaire à celui-ci. Ce fait prouve que dans la plupart des pseudomorphoses, constituées par de la lutécite, l'orientation de celle-ci n'est pas déterminée par un rapport de symétrie avec le minéral épigénisé. En se disposant de telle sorte que son axe vertical soit perpendiculaire aux faces e^1 ou g^1 du gypse, la lutécite obéit simplement à la tendance, que montrent fréquemment les minéraux cristallisant dans une fente, à se disposer de façon que leur axe principal de symétrie soit perpendiculaire aux parois de celle-ci.

Les lames minces de l'échantillon auquel il est fait allusion ici [38. 24], taillées perpendiculairement à sa schistosité, montrent dans le champ du microscope plus d'une trentaine de sections semblables à la figure 2 de la planche XI, distribuées suivant des plans parallèles et parfaitement isolées au milieu de l'opale.

γ. *Pseudomorphoses en opale seule.*

L'examen microscopique fait voir que l'*opale nectique* constitue des pseudomorphoses de gypse d'une nature toute spéciale.

L'attention a été appelée depuis longtemps sur ces curieux rognons globuleux, atteignant parfois la grosseur de la tête, qui se rencontrent dans les marnes associées au *calcaire de Saint-Ouen*, de la plaine Saint-Denis (usine à gaz) et de Paris même [rue de Rome (M. Dollfus)]. Ils sont

légers, tendres, âpres au toucher et poreux ; placés dans l'eau ils y flottent pendant quelque temps jusqu'à ce que le liquide, ayant rempli leurs pores en dégageant des bulles d'air, les fasse tomber au fond du vase. C'est à cause de cette propriété qu'Haüy les a désignés sous le nom de *quartz nectique* (1), bientôt changé en celui de *silex nectique*.

J'appellerai ce minéral *opale nectique*, car il est exclusivement constitué par de l'opale pure. Le produit soigneusement débarrassé par lévigation d'une petite quantité de marne et par un lavage à l'acide chlorhydrique de traces de calcite, se dissout sans résidu apparent dans les alcalis et dans l'acide fluorhydrique. Des échantillons conservés depuis cinquante ans dans la collection du Muséum et préalablement desséchés sur l'acide sulfurique m'ont donné par la calcination une perte de 4,5 p. 100.

L'examen microscopique en lumière naturelle montre que les lames minces d'opale nectique offrent exactement la même structure que celles du type commun du gypse ludien. Il suffira pour s'en convaincre de comparer les figures 2 et 4 de la planche X. La figure 2 représente une lame de gypse d'Argenteuil (3e masse), la figure 4 une section d'opale nectique de Saint-Ouen. Tous les cristaux à forme lenticulaire de celle-ci sont monoréfringents, ils ont un indice de réfraction voisin de celui du baume du Canada, mais cependant plus faible. Ils sont pressés les uns contre les autres, sans aucun ciment, laissant entre eux des vides qui donnent à la roche sa porosité caractéristique.

Pour mettre en évidence ces vides, j'ai employé deux procédés; la roche a été taillée tout d'abord après avoir été maintenue pendant quelques minutes à la température du rouge ; il se produit ainsi une contraction de l'opale qui, sans détruire la forme des cristaux élémentaires, accentue les intervalles qu'ils laissent entre eux. Le second procédé consiste à monter la lame mince dans du baume du Canada dissous dans du chloroforme et coloré par de la fuchsine ou du vert de méthyle ; la matière colorante souligne ainsi tous les pores de la roche et permet en outre de montrer que les cristaux sont entièrement remplis par de l'opale.

Par analogie avec les roches gypseuses décrites plus haut, on peut

(1) *Minéralogie*, II, 431, 1801.

supposer qu'originellement les petits cristaux de gypse opalisés étaient consolidés par de la calcite qui a été postérieurement dissoute.

L'opale nectique est parfois intimement associée à la ménilite et à des variétés brunes d'opale dans lesquelles Cuvier et Brongniart avaient dès 1822, signalé l'existence de gypse (1); ses nodules renferment parfois un centre compact.

δ. *Minéraux néogènes divers, contemporains de la formation des pseudomorphoses siliceuses.*

Les phénomènes de dissolution superficielle et de transport moléculaire qui ont fait disparaître le gypse à ses affleurements et donné naissance aux pseudomorphoses qui viennent d'être décrites se sont effectués non seulement sur les cristaux distincts de gypse, mais encore sur les diverses roches qui les englobaient. Des lits entiers de calcaires, de marnes, ainsi que les fossiles qu'ils renferment, ont été silicifiés. De plus, on trouve fréquemment, surtout dans les caillasses, des lits ou des amas extrêmement cristallins essentiellement formés de calcite et de quartz, creusés de cavités dans lesquelles se sont formés en cristaux distincts, divers minéraux, *calcite*, *fluorine*, *quartz*, *lutécite*, *célestite* : c'est d'eux dont il s'agit ici. Les échantillons de ces produits néogènes ont un aspect très caractéristique qui ne change guère dans toute la région parisienne.

Calcite.

La calcite se rencontre sous la forme du rhomboèdre inverse e^1 $(02\bar{2}1)$, en cristaux généralement de petite taille, transparents, et d'un jaune pouvant aller jusqu'au jaune d'or. Il n'est pas rare de constater que les rhomboèdres sont constitués par le groupement à axes parallèles d'un grand nombre d'individus de même forme. Leurs faces sont souvent arrondies et ne donnent pas de bonnes réflexions. Il n'est pas rare cependant de trouver des échantillons sur lesquels sont implantés de petits cristaux de même forme, opaques, et ayant leurs arêtes vives, leurs faces très planes.

(1) *Op. cit.*, 215.

Ces rhomboèdres sont réunis parfois dans d'assez belles géodes comme celle qui est représentée par la figure 6 de la planche XVI. L'échantillon photographié provient de fouilles faites dans la rue du Val-de-Grâce. Les rhomboèdres s'agglomèrent souvent pour former des masses miarolitiques, très peu cohérentes, que le moindre choc transforme en sable cristallin : ce sont ces masses qui renferment les cristaux de fluorine.

On peut citer comme localités ayant fourni des géodes de calcite particulièrement belles : la Glacière de Gentilly, Vanves, Vaugirard, de nombreux points de la rive gauche de la Seine entre le Luxembourg et le Muséum, Passy, Neuilly, les environs de Saint-Germain-en-Laye, etc. Il est à noter que, dans la région parisienne, la forme presque exclusive de la calcite est le rhomboèdre e^1, quelle que soit du reste la situation géologique du gisement considéré; c'est, on le sait, la forme des célèbres cristaux des sables de Fontainebleau (1).

Fluorine.

La fluorine en beaux cristaux est un minéral fréquent des caillasses ; il y a été découvert par Lembotin (2) à Paris même près du Muséum, au Marché aux chevaux. Les échantillons que j'ai étudiés viennent de ce gisement (collection Haüy), de Neuilly, d'Herblay, d'Arcueil et de Gentilly. Ceux de cette dernière localité m'ont été donnés par M. Munier-Chalmas.

Ce minéral constitue de petits cubes, simples, transparents, d'un jaune clair; ils atteignent parfois 2 millimètres d'arête ; ils sont très fréquemment constitués par des emboîtements à axes parallèles de cubes plus petits ; leurs faces sont généralement courbes et ternes. Ils sont toujours associés à la calcite, et souvent englobés par ce minéral, mais peuvent aussi reposer sur lui et sur le quartz : la lutécite est quelquefois implantée sur eux. Dans un même échantillon, la calcite et la fluorine ont en général une couleur tellement semblable qu'au premier abord elles se distinguent difficilement l'une et l'autre.

(1) Il faut remarquer cependant que la calcite qui constitue les nodules calcaires des marnes vertes (Charonne) et parfois des lits dans les marnes supragypseuses (Argenteuil) a la forme de la sidérose de l'argile plastique (fig. 6, pl. IX), mais les cristaux qui tapissent les fentes de ces roches présentent généralement la forme e^1.

(2) In Haüy, *Minéralogie*, III, 1801.

Ces cristaux de fluorine examinés en lumière polarisée parallèle présentent les propriétés optiques si fréquentes dans ce minéral, c'est-à-dire la division de la face cubique en une bordure biréfringente, entourant un centre monoréfringent. Dans la bordure biréfrigente, le plus petit indice n_p est disposé parallèlement au côté adjacent de la face.

Cette formation de la fluorine dans des assises sédimentaires par concentration des traces de fluorure de calcium qu'elles renferment, est à rapprocher de celle qui est connue dans les calcaires urgoniens du Salève dans la Haute-Savoie.

Quartz (lutécite, calcédoine).

Le quartz se présente uniquement sous la forme du prisme e^2 $(10\bar{1}0)$, accompagné du pointement habituel p $(10\bar{1}1)$ et $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$. Dans quelques cristaux qui ont été surtout trouvés à Neuilly, à Herblay, à Arcueil et qui peuvent dépasser 2 centimètres de longueur, les faces p sont toujours plus développées que les faces $e^{1/2}$, de telle sorte que le pointement est le plus souvent triangulaire. Il arrive même que $e^{1/2}$ disparaisse complètement.

Ces cristaux formés librement dans des cavités ne présentent pas les formes cristallitiques creuses qui sont si fréquentes dans les cristaux des pseudomorphoses du gypse.

Les cristaux de quartz et particulièrement ceux de Neuilly [35. 1,354] sont remarquables par leur structure ; ils sont en effet rarement homogènes, le plus souvent ils sont constitués par le groupement à axes à peu près parallèles d'un grand nombre d'individus dont les pointements ternaires sont comme emboîtés les uns dans les autres. Quand l'obliquité de l'axe vertical des cristaux groupés est notable, il se produit des gerbes de cristaux très variées de forme, mais dont les relations mutuelles ne semblent liées par aucune loi géométrique : ils forment parfois de véritables sphérolites en se groupant autour d'un centre. Les cristaux de Neuilly [40.152], d'Herblay, etc., sont souvent accompagnés et recouverts par des mamelons de lutécite et de calcédoine.

La figure 4 de la planche XV représente un fort bel échantillon de calcédoine de Neuilly dans lequel ce minéral forme de petites stalactites

délicates, translucides, d'un beau jaune pâle. Elles sont fréquemment creuses et permettent de constater avec une remarquable netteté les propriétés optiques de la calcédoine. Elles sont mélangées à de la calcite et se sont parfois formées sur un rhomboèdre de calcite dont l'axe vertical est parallèle à l'axe de la stalactite. Une section transversale d'un semblable assemblage montre les fibres de calcédoine implantées sur les faces du rhomboèdre de la calcite.

Notre collection possède quelques échantillons d'une substance mamelonnée blonde translucide ayant l'aspect extérieur de la calcédoine et provenant des alentours du Val-de-Grâce. L'examen microscopique y montre des rosettes de cristaux de quartz et de cristaux de calcite entourées par un minéral en sphérolites à fines fibres négatives, dont la biréfringence est beaucoup plus faible que celle du quartz. Il semble qu'il y ait là une nouvelle forme de silice cristallisée sur laquelle je reviendrai prochainement.

Les variétés de gypse ludien de Thorigny près Lagny qui sont désignées sous le nom d'albâtre de Lagny renferment de très jolis cristaux transparents de quartz qui ont été signalés autrefois par Ch. d'Orbigny (1). J'ai pu en recueillir de bons échantillons grâce à l'obligeant accueil de M. Taté. Les cristaux transparents se groupent parfois en rosettes plus régulières que celles de Neuilly.

Au milieu de ce gypse, se trouvent des blocs auxquels il a été fait allusion plus haut, ils sont constitués par un mélange de cristaux de quartz hyalin et de rhomboèdres e^1 de calcite, ne différant en rien des échantillons des caillasses (je n'y ai cependant pas trouvé de fluorine), aussi n'est-il pas douteux que ces minéraux n'y soient secondaires et formés de la même façon que ceux de l'éocène.

Célestite.

Parmi les minéraux accidentels des caillasses, il y a lieu de faire la mention de la célestite dont je n'ai vu qu'un seul échantillon que M. Munier-Chalmas a bien voulu me donner pour notre collection [96. 225]. Il a été

(1) *Bull. Soc. géol.*, VII, 224, 1836.

recueilli par M. Jannel à la halte d'Armentières près Trilport (Seine-et-Marne), lors de travaux effectués le long de la voie du chemin de fer.

Cet échantillon est constitué par des cristaux de calcite en rhomboèdres jaune pâle, offrant la forme habituelle. Dans une géode se trouvent des cristaux distincts de célestite bleuâtre transparente atteignant $2^{cm},5$ de plus grande dimension. Ils présentent les formes e^1 (011), a^2 (102), très nettes ; les faces e^1 sont ondulées et oscillent vers une pyramide qui est sans doute ψ (133), mais qui ne peut être mesurée avec précision; les faces a^2 sont au contraire très lisses et plus développées que dans les autres cristaux étudiés dans ce mémoire ; à leur intersection, se trouve une petite facette h^1 (100) striée parallèlement à l'axe vertical. L'un des cristaux est déformé par aplatissement suivant une face e^1 (011). Un très petit cristal a pu être détaché du même échantillon, il présente, en outre des formes précédentes, de petites facettes m (110).

B. — Pseudomorphoses calcaires.

Les pseudomorphoses exclusivement calcaires du gypse ne méritent qu'une simple mention, car elles ne présentent pas de minéraux spéciaux; elles sont cependant intéressantes, car on les voit se former de nos jours et elles permettent de suivre pas à pas le mécanisme des épigénies décrites plus haut.

Les échantillons que j'ai examinés ont été particulièrement recueillis dans le lutétien du sud et du sud-est de Paris (Bicêtre, Vaugirard, Vanves, etc.), et dans les sables de Beauchamp (Puteaux, Gentilly, sous le fort de Bicêtre). La figure 3 de la planche IX représente un magnifique groupement de lentilles gypseuses en partie transformées en calcaire et provenant de Vanves [37.8]. Ces pseudomorphoses sont pleines et l'examen microscopique montre qu'elles ont été remplies par la calcite en petits rhomboèdres, mélangée à quelques grains de quartz clastique.

J'ai observé la même structure dans un échantillon de la collection géologique du Muséum recueilli à Puteaux dans les sables de Beauchamp. Le quartz clastique y est beaucoup plus abondant que dans l'échantillon précédent.

Les travaux qui ont été effectués à Vaugirard pour la construction des abattoirs ont mis à découvert, en 1895 et en 1896, non seulement les pseudomorphoses gypseuses du lutétien supérieur étudiées plus haut, mais encore de petits lits gypseux dans le bartonien. Les échantillons de ce niveau géologique ont été recueillis par M. Jecker sur le bord du chemin de fer (à environ 2 mètres au-dessus de la surface actuelle du niveau de la cour des abattoirs), dans un massif rocheux qui a été enlevé par les travaux de construction. Ces échantillons sont constitués par des pseudomorphoses exclusivement calcaires.

La figure 2 de la planche XII représente deux fragments de macles suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) dans lesquels la pseudomorphose s'est effectuée de la même façon que dans les pseudomorphoses siliceuses décrites plus haut. La dissolution du gypse s'est effectuée par la périphérie, par le plan de macle et enfin par un seul clivage e^1 (011); il en résulte un squelette divisé par des cloisons intérieures, correspondant aux plans $a^{1/2}$ et e^1. Ces deux échantillons sont limités par une face plane qui correspond à un ancien clivage g^1 (010). On voit que les cloisons transversales sont bien parallèles à e^1, car l'angle plan qu'elles font avec la trace de $a^{1/2}$ est voisin de 120°. Elles font avec g^1 un angle très obtus qu'il n'est du reste pas possible de mesurer avec précision, les cloisons en question n'étant pas planes, mais constituées par de petits rhomboèdres irréguliers, distribués d'une façon quelconque.

Des pseudomorphoses analogues à celles de Vaugirard ont été trouvées dans des rognons calcaires des marnes à *Pholadomya ludensis* d'Argenteuil. Dans ceux-ci, la place des lentilles gypseuses reste parfois vide, dans d'autres cas, elle est remplie par du gypse niviforme.

Notre collection possède un bel échantillon d'une marne grise ludienne de Montmartre englobant un grand nombre de lentilles gypseuses à surface noire qui sont entièrement transformées en calcite compacte [35.1521]. Ces lentilles sont extrêmement minces, leurs bords sont très tranchants ; elles atteignent 3 centimètres de diamètre (1).

(1) Blum a cité à Montmartre (*Pseudomorphosen*, 315) des pseudomorphoses de gypse lenticulaire en *strontianite* ($SrCO^3$), sur l'autorité de Beudant; celui-ci (*Minéralogie*, II, 464, 1832) signale seulement des pseudomorphoses de gypse lenticulaire en célestite, déjà mentionnées par Haüy. Je n'ai eu entre les mains aucun échantillon de ce genre.

Un autre échantillon provenant probablement aussi de Montmartre est constitué par des lentilles de gypse simples ou maclées suivant $a^{1/2}$ et engagées dans une marne : elles sont périphériquement transformées en calcite dont les fibres sont implantées sur un centre intact.

Enfin pendant la correction de ce mémoire, j'ai trouvé à la butte d'Orgemont à Argenteuil de très nombreuses pseudomorphoses calcaires de gypse en voie de formation. Dans la seconde grande carrière, un découvert a permis d'aborder la partie supérieure des *marnes vertes* qui est recouverte par un banc de gypse ; immédiatement au-dessous de celui-ci, les marnes vertes renferment en abondance les grandes lentilles de gypse dont il a été question page 217. Celles-ci aux affleurements se dissolvent, le long de leurs divers clivages, le long du plan de macle $a^{1/2}$ et même inégalement dans le plan g^1 (010), se produit de la calcite en petits cristaux peu nets, qui peu à peu remplace le gypse. Il est possible de trouver tous les passages entre le minéral intact et des pseudomorphoses complètes identiques à celles de la planche XII (fig. 1). La crête de la carrière étant formée surtout par des alternances de lits minces de marnes et de calcaires à *Ostrea cyathula*, les eaux qui arrivent au contact des marnes vertes sont très riches en carbonate de chaux qui décompose aisément le gypse. Becquerel et plus récemment M. Damour ont montré avec quelle facilité un carbonate soluble transforme à froid en calcite un cristal de gypse. L'expérience répétée dans le laboratoire, à l'aide des cristaux de gypse de ce gisement et du carbonate d'ammoniaque, ne nécessite que quelques jours seulement.

C. — Pseudomorphoses ferrugineuses.

Indépendamment des pseudomorphoses qui viennent d'être décrites, les cristaux de gypse des marnes ludiennes et particulièrement les cristaux en fer de lance présentent des altérations intéressantes.

J'ai fait remarquer plus haut que ceux de ces cristaux qui sont recueillis dans les marnes présentent généralement une surface extérieure terne, souvent rugueuse et colorée en jaune de rouille ou en noirâtre.

La coloration jaune est due à de la limonite, il est facile de voir par transparence à travers une des faces courbes des lentilles et mieux

encore à travers deux clivages g^1 parallèles, placés obliquement devant l'œil, que cette limonite s'infiltre entre les clivages g^1, gagnant plus ou moins profondément à l'intérieur du cristal. L'examen microscopique des lames g^1 fait voir que la limonite constitue, entre deux feuillets de clivage, une pellicule extrêmement mince, rappelant les formes capricieuses que prend une goutte d'un liquide pressé entre deux glaces parallèles.

Beaucoup plus curieux sont les échantillons présentant une coloration noire et dans lesquels j'ai trouvé de la pyrite; celle-ci offre exactement les mêmes formes que la limonite à travers les clivages g^1. On distingue à l'œil nu son éclat métallique et sa couleur jaune clair. Au microscope avec de forts grossissements, j'ai pu constater que ces enduits étaient constitués par de délicates dendrites qui parfois prennent des formes remarquablement nettes, constituées par l'empilement à axes parallèles de petits cubes aplatis suivant une face p. Çà et là s'observent quelques facettes octaédriques.

Dans les marnes de la troisième masse des carrières de Noisy-le-Sec, j'ai trouvé des cristaux en partie *dorés* par une mince pellicule de pyrite. Ils sont englobés dans une marne blanche veinée de noir. Quand on examine des lames minces taillées dans les veines noires de celle-ci, on voit qu'elles sont colorées par de la pyrite qui épigénise complètement ou partiellement les petites lentilles gypseuses.

L'explication du mode de formation de cette pyrite paraît assez facile. Son origine secondaire n'est pas douteuse, elle se glisse dans les clivages, par la périphérie des cristaux et le long de leur plan de macle $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), elle n'existe jamais isolée au centre des cristaux sous forme d'inclusions.

Il me semble probable que des eaux sauvages, chargées de bicarbonate ferreux, ont dû imprégner le cristal dans lequel s'est effectuée, grâce à l'existence de traces de matières organiques, la réduction bien connue du gypse qui, dans ces conditions, en présence d'un sel de fer, donne naissance à de la pyrite. C'est, on le sait, grâce à cette réaction que la pyrite se forme actuellement dans la vase d'un grand nombre de localités, ainsi que dans diverses sources thermales sulfatées (1).

(1) Voir pour plus de détail ma *Minéralogie de la France*, II, Paris, Baudry édit., 1897.

Les cristaux de gypse contenant la pyrite sont souvent piquetés de grains de calcite sans doute aussi d'origine secondaire.

Cette formation de pyrite par décomposition de gypse est intéressante, car elle présente l'inverse des phénomènes qui vont être décrits dans le chapitre II de ce mémoire, consacré à l'étude du gypse formé par décomposition de la pyrite.

4° Minéraux accompagnant le gypse.

A. — Moulages de cristaux de sel marin.

Parmi les minéraux qui accompagnent le gypse lagunaire, l'un des plus intéressants est constitué par les curieux solides à symétrie cubique qui doivent être attribués au moulage de trémies de sel marin; l'existence de ce minéral a une grande importance théorique en montrant que l'évaporation des lagunes éocènes et oligocènes a été parfois poussée suffisamment loin pour permettre le dépôt de sel qui a été plus tard dissous par les eaux superficielles. C'est là un point de ressemblance entre les dépôts gypseux parisiens et les nombreuses assises gypseuses triasiques dans lesquelles on ne rencontre plus actuellement de sel intact, mais dans lesquelles cependant ce minéral a laissé ses traces sous une forme analogue.

Ces moulages ont été découverts par Desmarets et Constant Prévost (1) dans les marnes jaunes à *Pholadomya ludensis*, de la Hutte-aux-Gardes à Montmartre (fig. 3, pl. XVI) [23. 643]. Ils ont été retrouvés dans toute la ceinture nord de Paris, depuis Passy jusqu'au faubourg du Temple (notamment derrière l'hôpital Saint-Louis) [23. 644], dans les carrières de la porte de Montreuil [61. 190], ainsi qu'à Argenteuil, etc., Constant Prévost les a rencontrés plus tard (2) dans des bancs de calcaire marneux et dans des marnes supragypseuses oligocènes à Montmorency, Monlignon et Saint-Prix. La collection du Muséum possède un échantillon de Monlignon ne se distinguant en rien de ceux des marnes du gypse [23. 643].

(1) *J. physique*, CXIX, 158, 1809.
(2) *Bull. Société géologique*, VIII, 230, 1837.

Notons enfin que M. Munier-Chalmas a indiqué des moulages identiques dans l'éocène moyen au milieu des caillasses lutétiennes.

Les solides réguliers dont il s'agit ici sont constitués par des pyramides quadrangulaires, portant des stries en escaliers, parallèles à leur base. Elles se fondent insensiblement dans la marne argileuse qui les renferme et dont elles possèdent la composition ; elles sont souvent emboîtées 6 par 6, leur sommet étant au centre de l'assemblage ; elles constituent ainsi un cube dont les faces ne sont pas distinctes ; la base de ces pyramides atteint jusqu'à 6 centimètres de côté.

Cette disposition régulière de six pyramides, si fréquente dans la constitution des substances pseudocubiques et qui est un des meilleurs arguments que l'on puisse mettre en avant pour défendre l'hypothèse d'un remplissage de trémies d'un minéral cubique en général et de sel gemme en particulier, fut une des raisons qui conduisirent Constant Prévost à la rejeter et à imaginer l'interprétation des fentes de retrait prismatiques (1) qui, acceptée longtemps dans la science, est aujourd'hui rejetée par tout le monde.

Il est facile du reste d'expliquer les particularités de ces moulages. Le sel gemme a cristallisé dans les marnes jaunâtres sous forme de gros cubes en trémies, réduits à leurs arêtes et à de minces cloisons. Dès l'origine, l'argile qui englobait ces trémies a eu cette forme de six pyramides réunies autour du centre et portant l'empreinte de toutes les irrégularités de la surface des trémies. Quand plus tard le chlorure de sodium a été dissous, ces pyramides ont conservé leur position mutuelle. La continuité de la matière de ces pyramides et de la marne ambiante s'explique aisément, puisque ces pyramides ne sont autre chose que la marne elle-même ayant moulé le cristal en voie de formation. Il est facile du reste de reproduire des pyramides tout à fait identiques à celles qui viennent d'être décrites en remplissant avec de la paraffine les grandes trémies de chlorure de sodium que l'on obtient artificiellement dans les salines et en dissolvant ensuite ce sel dans l'eau.

Les solides qui nous occupent ne sont pas, on le voit, des *pseudomor-*

(1) *Bull. Société géologique*, VIII, 320, 1837 ; IV, 455, 1847.

phoses, au sens strict de ce mot, puisqu'elles ne représentent pas la place du minéral ancien, mais seulement le moulage en relief de ses cavités régulières.

Des moulages de trémies de sel analogues à ceux de la région parisienne se rencontrent à Burfenich, dans l'Eifel (fig. 1, pl. XVI); ils accompagnent de véritables pseudomorphoses cubiques dont la figure 4 de la même planche XVI représente un échantillon; des pseudomorphoses de ce genre sont très fréquentes dans les marnes irisées du keuper de divers gisements français.

B. — Célestite.

On a vu ou on verra au cours de ce mémoire que la célestite se rencontre dans les fentes de la craie de Meudon, dans l'argile plastique et même dans les caillasses du lutétien supérieur, mais dans ces divers gisements, elle ne constitue qu'un accident minéralogique peu important au point de vue de sa masse; il n'en est pas de même pour les gisements dont il s'agit ici.

La célestite se trouve en effet dans les assises d'origine lagunaire en rognons, parfois même en petits bancs continus dont on extrait des centaines de kilogrammes du minéral assez pur, pour que l'on puisse même l'exploiter pour la pyrotechnie. La célestite se rencontre tout d'abord dans les marnes verdâtres (pierre à détacher) situées entre la première et la seconde masse du gypse ludien (collines de Montmartre, et, à l'ouest de Paris, collines de Sannois, etc.), mais son gisement principal se trouve à un niveau plus élevé. On la rencontre dans les marnes jaunes feuilletées à *Cyrena convexa* de l'oligocène (Montmartre, collines de Belleville, etc., on en trouve actuellement un lit continu, immédiatement au-dessous de ces marnes, dans la grande carrière de Romainville), et dans les *marnes vertes*, où elle constitue parfois jusqu'à quatre bancs minces distincts (collines de Belleville, des Buttes-Chaumont, Bagnolet, Montreuil); elle se retrouve à ce niveau sur la rive gauche de la Seine, à Villejuif, Bagneux, Châtillon, Arcueil, Clamart, Fontenay-aux-Roses, dans la haute vallée de la Bièvre, etc.

Les nodules de célestite affectent parfois la forme de galettes circulaires ayant plusieurs décimètres de diamètre (1); à l'intérieur, ils présentent fréquemment des fissures de retrait très distinctes dont la figure 3 de la planche XIV donne une représentation exacte. Dans les échantillons provenant des marnes intragypseuses, ces fentes de retrait ont des parois raboteuses, parfois concrétionnées, mais dépourvues de cristaux très distincts; elles sont béantes ou remplies par de la marne. Dans les marnes vertes, au contraire, ces fissures sont fréquemment tapissées par des cristaux de calcite ou de célestite. Souvent aussi les nodules de célestite sont irrégulières, leur surface est ondulée : parfois ils se brisent par le choc en écailles concentriques (Romainville).

L'examen microscopique fait voir que ces nodules sont formés presque uniquement par de la célestite plus ou moins finement grenue, avec des ponctuations de calcite; dans les plus cristallins d'entre eux, la célestite offre souvent des formes distinctes, qui sont les mêmes que celles des cristaux macroscopiques des géodes, ces formes sont surtout très accentuées lorsqu'il existe dans la roche une petite quantité de marne calcaire qui souligne leurs contours.

La figure 5 de la planche XI représente une lame mince d'un nodule de célestite des marnes vertes. A Romainville ces nodules présentent des zones successives, constituées par des éléments de grosseur variable.

Les nodules de célestite de l'oligocène sont les plus cristallins, leur cassure présente souvent l'apparence d'un grès, celle des nodules des marnes intragypseuses ressemble davantage à un calcaire compact.

La calcite des géodes présente invariablement la forme du rhomboèdre inverse e^1 $(02\bar{2}1)$, généralement de petite taille. Les cristaux de célestite sont de plus grande dimension ; ils atteignent 2 centimètres ; leur forme est toujours la même et rappelle celle des gisements précédents;

(1) On trouve parfois dans les marnes vertes des nodules verdâtres, pesants, qui ont été pris souvent pour de la célestite. Il est facile cependant de constater qu'ils sont constitués par de la calcite englobant un peu de marne verte et de gypse. Les petits cristaux de calcite qui les constituent ont fréquemment la forme des cristaux de sidérose de l'argile plastique (fig. 6, pl. IX). Ces nodules présentent des fentes de retrait, ayant la forme de calottes sphériques (elles diffèrent par suite comme forme de celles de la célestite compacte), recouvertes de rhomboèdes transparents de calcite. Les échantillons que j'ai examinés ont été recueillis par M. Stanislas Meunier à Fontenay-aux-Roses, par M. Dollfus à Chaville, par M. Ramond au réservoir de Charonne, etc.

l'allongement suivant les arêtes e^1 e^1 est généralement plus marqué, ils sont terminés par les faces ψ (133), avec parfois a^2 (102), m (110), h^1 (100). Leurs formes sont surtout très distinctes dans les larges fentes pauvres en cristaux; ceux-ci sont alors couchés parallèlement à une face de zone de leur allongement sur un tapis de petits pointements de calcite. J'ai observé dans quelques échantillons une forme un peu différente, les faces e^1

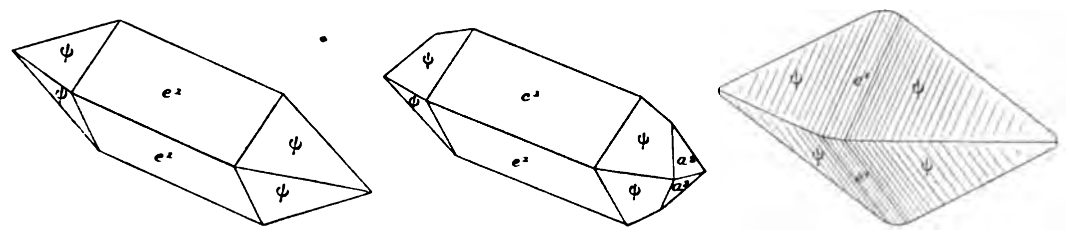


Fig. 14, 15 et 16. — Célestite des marnes vertes.

sont extrêmement réduites ou même manquent complètement: les arêtes des faces ψ sont arrondies et le cristal a la forme d'un grain d'avoine. Enfin, plus rarement encore, ψ manque et le jointement est formé par m et a^2 également développés. Souvent, les cristaux de célestite sont implantés normalement à une paroi de la fente (fig. 6, pl. XIV), ils s'enchevêtrent avec ceux de la paroi opposée et présentent ainsi tous les stades successifs d'un remplissage fibreux : les cristaux offrant ce genre de disposition sont généralement cristallitiques et déformés par aplatissement suivant une face e^1 ou ψ.

C. — Opale ménilite.

La ménilite est une variété d'opale en concrétions, offrant des formes bizarres (pl. XV); elle se rencontre à deux niveaux distincts, dans les marnes feuilletées situées entre la première et la seconde masse du gypse ludien et au milieu des lits de magnésite du calcaire de Saint-Ouen.

La première mention qui ait été faite de cette substance est due à Delarbe et Quinquet qui la décrivirent (1) en 1787 sous le nom de *pechstein de Mesnil-Montant,* « variété de pierre à fusil qui ne fait pas feu ». Leur type provenait du premier des gisements indiqués plus haut. Le nom de *ménilite* fut employé par Delamétherie dans sa *Théorie de la Terre* (2), il

(1) *Journal de Physique*, XXXI, 219, 1787.
(2) *Théorie de la Terre*, II, 169, 1797.

indique en note que cette dénomination a été donnée par de Saussure en souvenir du premier gisement où ce minéral a été trouvé; il en distingue deux variétés, l'une brune se rencontrant à Ménilmontant, et l'autre blanche provenant des carrières de gypse d'Argenteuil.

La ménilite a été signalée plus tard dans les *calcaires de Saint-Ouen* par Cuvier et Brongniart (1) qui l'ont trouvée englobant des *Lymnæa* à Saint-Ouen et dans le canal de l'Ourcq au delà de Sevran.

La ménilite des divers gisements parisiens présente quelques particularités assez caractéristiques. A Ménilmontant, elle constitue des rognons tuberculeux, isolés ou groupés en grand nombre dans l'argile magnésienne schisteuse, ils sont aplatis suivant le plan de la stratification de celle-ci (fig. 7, pl. XV); cette argile est gluante dans la carrière, elle prend par dessiccation une structure papyracée et happe à la langue. Les nodules de ménilite dégagés de l'argile présentent la trace des lits successifs de celle-ci (fig. 2, pl. XV) et l'examen microscopique fait voir que cette structure se poursuit parfois jusque dans le nodule lui-même. La ménilite de ce gisement a une cassure conchoïdale brune, cireuse, et une surface un peu bleuâtre.

Les nodules de Villejuif sont de plus grande taille que ceux de Ménilmontant, leur surface est blanche, leur cassure d'un jaune brunâtre plus clair. Ils sont parfois isolés en curieuses concrétions dont la figure 8 de la planche XV représente un type commun: ils atteignent souvent des dimensions bien supérieures à celles des nodules de Ménilmontant.

A Argenteuil, les nodules rappellent ceux de Ménilmontant, mais leur cassure est blanchâtre; l'argile qui les renferme étant moins schisteuse que dans ce dernier gisement, pas plus que ceux de Villejuif, ils ne présentent à l'extérieur les traces de la stratification de leur gangue.

Dans les *calcaires de Saint-Ouen*, les rognons de ménilite sont souvent de très grande taille, leur surface est fruste, tantôt blanche, tantôt rougeâtre. La figure 3 de la planche XV représente un échantillon de ce genre provenant de la plaine Saint-Denis, la figure 6 de la même planche un fragment d'un nodule de plus grande taille englobant des *Lymnæa longis-*

(1) *Descript. géol. des environs de Paris*, 214, 1822.

cata, il provient de la tranchée creusée en janvier 1836 dans la plaine Monceau pour la construction du chemin de fer de Versailles. Ces nodules renferment des pseudomorphoses de gypse (page 240).

L'examen microscopique des rognons de ménilite montre que cette substance est essentiellement constituée par de l'opale concrétionnée monoréfringente, au milieu de laquelle on observe des traînées de l'argile ou de la magnésite qui renferme les nodules; la magnésite présente alors les propriétés optiques qui seront étudiées plus loin. Dans les échantillons du *calcaire de Saint-Ouen* contenant des pseudomorphoses gypseuses, on observe parfois aussi des produits siliceux (quartz et lutécite) qui ont été décrits page 240, mais alors le minéral prend un aspect spécial le rapprochant de la calcédoine, et constitue le *silex corné* de Cuvier et Brongniart. Enfin, il existe aussi parfois dans la ménilite des tests de fossiles (hydrobies), des graines de chara, etc.

L'origine de la ménilite, formée par concrétion au milieu d'argile magnésienne et calcaire, postérieurement au dépôt de celle-ci, explique les variations de composition mises en évidence par les analyses suivantes qui ont été faites sur les échantillons des localités les plus classiques.

Analyses de la ménilite :
a. des marnes ludiennes de Ménilmontant par Klaproth.
b. de Ménilmontant par M. Damour (*Bull. Société minér.*, VII, 239, 1884).
c. des Buttes-Chaumont *idem*
d. de Villejuif *idem*
e. d'Argenteuil *idem*
f. du calcaire de Saint-Ouen *idem*
g. de la plaine Monceau *idem*
h. d'un échantillon trouvé dans les alluvions de la plaine d'Ablon (Seine-et-Oise) (*idem*).

	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*
SiO^2	85.5	76.00	59.10	78.25	74.50	75.47	67.09	83.08
Al^2O^3	1.0	1.10	1.40	0.60	1.55	0.15	»	»
Fe^2O^3	0.5	2.50	6.60	0.90	0.45	0.70	0.80	1.00
MgO	»	6.79	8.17	8.28	10.30	8.83	9.00	6.73
CaO	0.5	1.40	4.10	0.76	1.22	2.89	8.20	»
CO^2	11.0	11.70	3.22	0.59	0.94	2.30	»	»
H^2O			16.40	10.44	9.60	9.50	14.50	9.20
Perte	1.5	»	»	»	»	»	»	»
	100.0	99.49	99.53	99.82	98.56	99.84	99.59	100.00
Densité	2.16 à 2.18	2.17	2.25	2.18	2.16	2.16	2.22	2.16 à 2.19

L'analyse *c*) faite sur un échantillon feuilleté représente un mélange

particulièrement riche en magnésite ; l'analyse *a*) donne, au contraire, la composition d'une opale presque pure.

Quand on traite la ménilite par l'acide chlorhydrique pur, il se produit une légère effervescence si le minéral est imprégné de calcite, puis à chaud, il se dissout de la magnésie, de l'alumine et du fer ; le résidu est constitué par de la silice presque pure.

On voit en résumé que la ménilite, dont le mode de formation rappelle celui des silex de la craie, est une variété d'opale, généralement très impure, qui offre des formes extérieures assez constantes ; elle est remarquable par la rareté des produits siliceux cristallisés.

A Villejuif, se trouvent aussi des rognons blancs rappelant la forme de ceux de la ménilite pure : leur milieu est compact, ressemblant à du calcaire lithographique : leur partie périphérique est poreuse, elle happe à la langue. D'après les analyses de M. Terreil (1) et de M. Franchet (2) ces rognons sont constitués par de l'opale, imprégnant du calcaire dont la teneur peut dépasser 70 p. 100, le minéral est alors un véritable calcaire siliceux. La zone poreuse résulte d'une décalcification superficielle : celle-ci peut être même parfois complète et le nodule est alors recouvert d'une croûte de silice pulvérulente.

D. — Magnésite.

La magnésite forme des lits minces dans les calcaires de Saint-Ouen de la région parisienne ; elle a été étudiée jadis par Alex. Brongniart (3) et j'ai moi-même fait des recherches (4) sur sa structure intime. Elle forme des masses plus ou moins feuilletées, happant à la langue, absorbant les liquides pour devenir translucide ; elle absorbe aussi les corps gras, cette propriété est utilisée pour le nettoyage des chiffons.

Beaucoup plus rarement, la magnésite forme de minces pellicules, transparentes sous une faible épaisseur et offrant l'apparence d'une pelure d'oignon. Ce sont ces beaux échantillons trouvés par M. Munier-

(1) *Comptes rendus*, CXI, 126, 1890.
(2) *Bulletin philom. Paris*, VIII, 1895.
(3) *Ann. des Mines*, VII, 291, 1822.
(4) *C. Rendus*, CXXI, 737, 1895, et *Bull. Muséum hist. nat.*, I, 73, 1895.

Chalmas dans le quartier de l'Étoile qui m'ont servi à déterminer les propriétés optiques de la substance. Il est facile de voir que dans ces lames, la bissectrice aiguë négative est perpendiculaire, ou à peu près perpendiculaire, à leur plan d'aplatissement.

Le plan des axes optiques est parallèle à la trace d'un plan de séparation difficile. Par suite de groupements intimes, l'angle des axes (2V) varie de 74° à 0°.

L'examen microscopique fait voir que la magnésite schisteuse est constituée par l'enchevêtrement plus ou moins irrégulier de petites lamelles ; ce n'est que là où des lits très minces de magnésite ont été soumis à de fortes pressions que ces lamelles ont pu s'orienter pour donner les pellicules transparentes décrites plus haut.

La magnésite de l'Étoile est légèrement pléochroïque dans les teintes jaunes, avec minimum d'absorption suivant n_p.

La difficulté de dessécher complètement la substance rend quelque peu incertaine la formule de la magnésite qui me paraît devoir être la suivante : ($H^8 Mg^2 Si^3 O^{12}$). Je renvoie pour plus de détails sur ce minéral à ma *Minéralogie de la France* (1), où je l'ai étudié. La magnésite présente les mêmes particularités que la ménilite qu'elle englobe, on y observe en effet des graines de chara, de petits mollusques (hydrobies), etc.

Les gisements à signaler pour l'abondance de la magnésite sont, en outre du quartier de l'Étoile indiqué plus haut, la base de tous les gisements gypseux (Ménilmontant, Montmartre, Argenteuil, etc., et, dans les environs plus éloignés de Paris, Chennevières près Champigny, Coulommiers, etc.).

L'association d'opale à la magnésite sédimentaire n'est pas particulière à la région parisienne, je rappellerai notamment la belle opale rose carmin des environs de Quincy-sur-Cher près Mehun qui accompagne et imprègne la variété rose de magnésite qui a reçu le nom de *quincyte*, elle se rencontre dans des calcaires oligocènes.

(1) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, I, 457, 1895

E. — Pyrite.

La pyrite se trouve en très petite quantité dans les assises ludiennes et oligocènes; je l'ai trouvée récemment dans les marnes de la troisième masse de Noisy-le-Sec; elle y forme de petits nodules ou des marbrures noires très altérables et recouvre les cristaux de gypse que renferment ces marnes.

Dans la grande carrière de Romainville, elle se rencontre finement divisée dans de petits lits des marnes bleues et dans les marnes à *Cyrena convexa*, elle est souvent appliquée sur ce dernier fossile, elle est généralement très altérée et donne par sa destruction du gypse et de l'apatélite qui seront étudiés plus loin. Les marnes bleues supragypseuses sont généralement considérées comme pyriteuses, ce n'est qu'à Romainville que j'ai trouvé au milieu d'elles de la pyrite individualisée.

Il me semble probable que dans ces divers niveaux la pyrite est d'origine secondaire, et produite par réduction du gypse en présence des sels de fer. On peut affirmer, dans tous les cas, qu'à Noisy-le-Sec elle est postérieure aux cristaux de gypse, puisqu'elle les épigénise (voir p. 251). Dans ce dernier gisement seulement, j'ai pu observer des formes permettant de rapporter ce sulfure de fer à la pyrite; il est possible que dans les autres gisements, il soit constitué par de la marcasite; le minéral est trop impur pour qu'en l'absence de formes géométriques, il soit possible de vérifier cette hypothèse.

CHAPITRE II

Gypse formé par décomposition des pyrites et minéraux qui l'accompagnent (Craie sénonienne, Éocène et Oligocène).

1° Gypse cristallisé.

Partout où l'*argile plastique* (sparnacien) a été rencontrée dans les environs immédiats de Paris, on y a observé du gypse. Ce minéral s'y présente souvent en cristaux limpides d'une grande beauté, d'une perfection de forme parfaite, aussi convient-il de les étudier avant ceux du miocène et de la craie qui sont rares, toujours petits et souvent peu nets.

Le gypse se rencontre à tous les niveaux de l'argile plastique, mais il est particulièrement abondant dans les horizons très pyriteux et notamment dans les *fausses glaises* qui en occupent le sommet : les lignites du Soissonais qui correspondent au même niveau, renferment des cristaux de gypse ayant les mêmes formes et la même origine. Il y a lieu de citer parmi les localités qui ont fourni les plus beaux cristaux : les carrières d'Issy près la porte de Versailles, Auteuil (notamment près de l'usine à gaz, la rue Mozart et principalement les fondations des maisons portant les n°s 66 à 76), Meudon, Bougival, Saint-Germain-en-Laye, etc.

La relation d'origine existant entre le gypse et les pyrites n'est pas douteuse, comme on le verra plus loin ; il n'est pas rare du reste de voir les cristaux du premier de ces minéraux implantés directement sur un rognon du second (fig. 6, pl. VIII).

α. *Cristaux simples.*

Gypse de l'argile plastique.

Les formes du gypse de l'argile plastique sont à rapporter à trois types.

Type I. — Les cristaux de ce type sont ceux qui abondent à Issy, à Auteuil, à Bougival, à Saint-Germain, ils sont caractérisés par la constance des formes g^1 (010), m (110), et a_3 ($\bar{2}11$) avec aplatissement suivant g^1.

Tantôt les cristaux sont également développés suivant les arêtes mm et $a_3 a_3$ (*gypse trapézien* d'Haüy), tantôt ils sont, au contraire, allongés suivant l'axe vertical, ou parallèlement à l'arête a_3 a_3. Les figures 4 et 5 de la planche XIV font voir les dimensions relatives que présentent les cristaux les plus communs. Ceux qui possèdent la forme de la figure 4 sont les plus fréquents parmi les trouvailles faites depuis quinze ans.

Ils possèdent quelquefois de petites facettes e^1 (011) et $e^{1/3}$ (031) ; elles sont souvent arrondies, creuses et il n'est pas rare de voir une seule face e^1 développée, ou encore cette forme n'exister qu'à l'une des extrémités de l'axe vertical; tel est notamment le cas du cristal de la figure 4 de la planche XIV. Plus rarement, les faces e^1 et a_3 sont également développées et les cristaux, généralement alors très allongés suivant l'axe vertical, ont un pointement à quatre faces très régulier (Bougival).

Les autres faces des cristaux sont parfois assez planes, mais le plus généralement, elles sont arrondies, gondolées, et ne donnent au goniomètre que de mauvaises mesures. Les cristaux n'ont souvent que les faces de la zone prismatique nettes, ils se terminent alors en pointes irrégulières sur lesquelles on peut voir les traces d'une structure polysynthétique, les grands cristaux étant en réalité formés par le groupement à axes parallèles de nombreux individus de même forme.

Ces cristaux peuvent atteindre d'assez grandes dimensions et dépasser 15 centimètres dans la direction de l'axe vertical.

Dans quelques cas, leur allongement est plus grand encore que dans la figure 4 de la planche XIV, il peut être augmenté par des emboîtements à axes plus ou moins parallèles, généralement compliqués d'entrecroisements irréguliers dont la figure 6 B de la planche 8 donne une idée; le groupement photographié provient d'Auteuil.

La figure 6 A de la même planche montre un groupement en éventail; de semblables échantillons étaient fréquents dans une trouvaille faite en 1893 lors du creusement des fondations d'une maison à Auteuil (rue Mozart). Ce groupement consiste en un cristal allongé suivant l'axe vertical qui, dans l'angle obtus de a_3 m, supporte un éventail, formé par une série de cristaux très aplatis suivant g^1 et groupés comme les feuillets d'un livre autour d'une parallèle à l'arète a_3 a_3; parfois aussi,

ces lamelles sont mélangées de cristaux disposés avec quelque irrégularité. L'angle postérieur a_3 m supporte un éventail du même genre; les cristaux qui le constituent ont leurs parallèles dans l'éventail antérieur, mais ne se trouvent pas sur leur prolongement. Il y a là tendance à la formation d'une macle, et, à ce point de vue, les cristaux d'Auteuil sont à comparer à ceux du Papelsberg (Siebengebirge) décrits par M. Laspeyres (1).

Type II. — Les cristaux de ce type sont moins fréquents que les précédents; ils ont été trouvés notamment à Meudon dans une argile rouge très ferrugineuse. Ils présentent, eux aussi, les formes m (110) et surtout g^1(010) très développées, mais a_3 ($\bar{2}11$) est réduite ou même absente : les cristaux sont raccourcis suivant l'axe vertical et parfois un peu allongés parallèlement à une normale à h^1; ils sont terminés par une surface arrondie dont l'intersection avec g^1 fait avec l'axe vertical un angle voisin de 88°; elle correspond suivant les individus à $a^{3/2}$ (103) ou à $a_{2/9}$($\bar{5}49$). Ces cristaux sont souvent identiques à ceux du type II du gypse des marnes vertes (fig. 10). Plusieurs cristaux de cette forme s'empilent souvent suivant l'axe vertical pour donner un individu offrant des angles rentrants sur les faces m.

Type III. — Je dois à l'obligeance de M. G. Dollfus un échantillon de gypse recouvrant du lignite pyritisé des fausses glaises de Meudon (les Moulineaux) : les cristaux sont des lentilles sans forme nette, semblables à celles du gypse ludien : la collection géologique du Muséum renferme un échantillon de ce type qui paraît être exceptionnel.

Les cristaux de gypse des types I et II, une fois isolés de leur gangue, se montrent limpides ; les seules inclusions qu'ils renferment sont constituées par de l'argile parfois emprisonnée dans des cavités ayant la forme de cristaux négatifs.

Gypse des marnes intragypseuses, des marnes bleues et des marnes vertes oligocènes.

J'ai rencontré de la pyrite finement divisée dans les marnes de la troisième masse du gypse de Noisy-le-Sec, ainsi que dans les marnes à *Cyrene*

(1) *Tschermaks' miner. Mittheil.* 1875, 117.

et dans les marnes bleues de Romainville. Aux affleurements de ces marnes, la pyrite s'altère très rapidement en les colorant en jaune, on voit alors les couches ferrugineuses se couvrir de petites aiguilles incolores de gypse se rapportant toutes au type I du gypse de l'argile plastique. Ces cristaux, dont l'origine secondaire n'est pas douteuse, se distinguent bien par leur couleur et leur forme des cristaux de gypse existant normalement dans ces différentes assises (voir plus haut).

Gypse de la craie sénonienne.

On a vu plus haut que la craie sénonienne de Meudon est percée de tubulures et traversée par des diaclases le long desquelles se sont parfois déposés des cristaux de célestite et de gypse qui recouvrent indistinctement la craie elle-même, ses silex, ou imprègnent ses fossiles.

Notre collection possède quelques échantillons de ce genre, rares aujourd'hui; le gypse s'y trouve le plus souvent dans des cavités riches en limonite qui résultent de la décomposition de la marcasite. Ce sont de petits prismes incolores ou blancs, aplatis suivant g^1 (010) offrant les divers aspects du type I du gypse de l'argile plastique. Ils n'ont aucun intérêt cristallographique.

β. *Macles.*

Les macles du gypse secondaire sont relativement peu abondantes, si on les compare à celles des autres gisements étudiés plus haut.

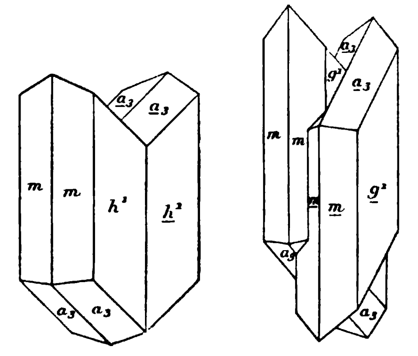


Fig. 17 et 18. — Macle suivant h^1 (100) par accolement suivant h^1 (fig. 17) ou par pénétration (fig. 18).

Elles correspondent toutes à la même loi, c'est la macle avec axe de rotation normal à h^1 (100), mais tandis que, dans le gypse des marnes vertes, la macle se fait par accolement suivant h^1 (100), ici, il y a plus généralement pénétration des deux individus et quelquefois accolement suivant g^1 (010). Cette macle présente dans ce cas les diverses particularités de la macle de Carlsbad dans l'orthose. Les figures 17 et 18 montrent les

deux aspects les plus communs de cette macle. Quand les individus maclés présentent les faces e^1 (011), il n'y a parfois pas d'angle rentrant à la partie supérieure de la macle.

A côté de ces macles, se trouvent de nombreux groupements accidentels, dus à des enchevêtrements plus ou moins réguliers. Les petits cristaux ont assez souvent une tendance à se grouper autour d'un centre pour former des étoilements.

2° Minéraux accompagnant le gypse secondaire.

A. — Pyrite, Marcasite, et produits dérivant de leur altération.

α. *Marcasite et pyrite.*

On a vu plus haut que le gypse de l'argile plastique, et celui de la craie de Meudon proviennent de la décomposition du sulfure de fer que renferment ces roches.

Dans la *craie de Meudon*, la marcasite est peu abondante, elle affecte la forme habituelle aux nodules de la craie; ceux que j'ai examinés sont très allongés et ont une forme contournée; ils ne présentent aucune particularité intéressante.

Dans l'*argile plastique* et notamment dans le sable argileux et dans les fausses glaises qui les surmontent, la marcasite est extrêmement abondante. Les carrières d'Issy, près la porte de Versailles, sont à citer spécialement pour l'étude de ce minéral qui y forme des masses ou des rognons allongés et ramifiés pouvant atteindre plus de 40 centimètres de longueur. Cette marcasite est finement grenue, d'un blanc livide ; elle renferme en grande abondance des empreintes végétales, parfois des mollusques réduits à leur moule (1), des grains de sable, etc. Il n'est pas douteux que la concentration de ce sulfure de fer ne se soit produite grâce à une réduction effectuée par ces débris organiques. Je n'ai observé aucune forme cristalline distincte, mais j'ai trouvé à la partie supérieure des fausses glaises de jolis octaèdres microscopiques de pyrite réunis en

(1) M. G. Dollfus m'a remis de beaux exemplaires de *Vivipara sublenta* d'Orb. pyritisés, provenant de Montrouge.

globules résultant souvent de l'épigénie de graines de chara. Ces globules existent en grand nombre dans le même échantillon et jouent un rôle capital dans la production de la sidérose et de la websterite qui seront étudiées page 272.

Dans les fentes de retrait des nodules de sidérose dont il sera question plus loin, se rencontrent de petits cristaux de *pyrite*, ce sont des octaèdres réguliers avec les faces du cube ; ils sont d'origine nettement secondaire.

Dans l'argile plastique d'Ivry, on a trouvé des nodules de marcasite rappelant ceux de la craie, ils ont une structure fibreuse très nette, leur surface est lisse et brillante, mais dépourvue de pointements cristallins. Cette marcasite fibreuse est plus altérée encore que la variété compacte d'Issy.

On a vu page 262, la description de la pyrite des divers niveaux du ludien et de l'oligocène.

β. *Produits d'altération.*

On sait que la pyrite et la marcasite présentent dans leurs divers gisements deux modes principaux d'altération, l'un que j'ai appelé *altération hépatique*, l'autre *altération saline* (1); tous deux donnent comme produit secondaire le gypse étudié plus haut.

Altération hépatique. — L'altération hépatique s'effectue dans les gisements en place, là où les pyrites n'ont été soumises que lentement à l'oxydation. Le minéral conserve intégralement sa forme, mais se transforme insensiblement de la périphérie au centre en limonite ou en hématite, etc.

Peut-être cette altération hépatique est-elle due à une oxydation directe de la pyrite sous l'influence d'eau riche en oxygène ou bien est-elle le résultat de l'action sur ce minéral d'eaux chargées de bicarbonates solubles qui transforment d'abord le minéral en carbonate, plus tard décomposé lui-même en limonite.

Quoi qu'il en soit, c'est ce mode d'altération que présentent tous les échantillons décomposés de marcasite de Meudon que j'ai eu l'occasion d'étudier.

(1) *Minéralogie de la France*, II, 576, 1897.

(2) Je désignerai désormais sous le nom de *pyrites*, indistinctement la pyrite et la marcasite.

Il y a en outre généralement formation de gypse quand la gangue de la pyrite est calcaire ; mais étant donnée la solubilité de ce minéral dans l'eau, il disparaît fréquemment.

Les nodules limonitisés sont creux et c'est souvent à leur place ou à l'intérieur de leurs cavités que se sont implantés les cristaux de gypse de la craie.

Altération saline. — L'altération saline est celle qui se produit actuellement partout où les pyrites se trouvent exposées à une oxydation rapide soit à l'air libre, soit dans un gisement originel traversé par des eaux très oxydées.

La réaction initiale de cette altération consiste essentiellement dans la transformation des pyrites en *mélantérite* et en *acide sulfurique.*

$$FeS^2 + 8H^2O + O^7 = FeSO^4,7H^2O + H^2SO^4$$

Pyrite. Mélantérite.

Des produits secondaires prennent naissance d'une part par l'oxydation de la mélantérite et d'une autre par l'action de l'acide sulfurique libre sur les roches servant de gangue aux pyrites. Enfin, les produits d'oxydation de la mélantérite forment, par leur action sur ces mêmes gangues, une nouvelle série de produits intéressants. Ce sont ces divers minéraux que je vais étudier. Ils ne sont véritablement très abondants que dans l'argile plastique ; quelques-uns d'entre eux se trouvent aussi, mais en moindre abondance, dans les marnes bleues oligocènes.

Mélantérite.

L'altération des pyrites se propage avec une rapidité d'autant plus grande que ces minéraux sont moins homogènes, fibreux ou imprégnés de matières d'origine organique qui absorbent elles-mêmes avec avidité l'oxygène en dégageant de la chaleur. A Issy, cette décomposition marche avec une rapidité extrême, et il est curieux d'aller visiter par un jour de soleil, suivant une période de pluie, la partie de la carrière où les sulfures abondent. On voit alors le sol couvert d'efflorescences blanches qui généralement recouvrent les nodules de marcasite empâtés dans l'argile.

Des échantillons de marcasite de la grosseur du poing, recueillis humides dans cette carrière et conservés dans un tiroir de collection, sont en quelques mois entièrement transformés, après s'être préalablement fendillés dans tous les sens.

La mélantérite que l'on observe dans les carrières parisiennes a la forme de petites houppes blanches ou incolores; ce n'est guère que dans les échantillons formés, comme il vient d'être dit, dans les collections, c'est-à-dire à l'abri de la dissolution, que le minéral se présente en cristaux assez épais pour prendre la coloration verte, habituelle à ce minéral. Il suffit du reste de lessiver dans de l'eau distillée bouillie les échantillons naturels non oxydés pour obtenir par recristallisation des cristaux monocliniques de mélantérite.

PRODUITS DUS A DES RÉACTIONS SECONDAIRES.

Produits directs.

Je rangerai dans cette catégorie les minéraux produits directement par l'action de l'acide sulfurique libre ou de la mélantérite, ou encore de ces deux produits réunis, sur la gangue des pyrites.

Gypse.

Le gypse *secondaire* de Meudon, ainsi que celui des marnes vertes et des marnes bleues de Romainville, résulte de l'action de l'acide sulfurique libre sur la craie ou sur le calcaire des marnes; il en est de même de celui de l'argile plastique : dans ce dernier gisement le calcium est formé par l'argile plastique elle-même et aussi par les eaux calcaires, apportées par les eaux superficielles qui arrivent dans l'argile plastique après avoir le plus souvent traversé un manteau de calcaire grossier. On verra plus loin, cependant, qu'une partie de ce gypse est le résultet d'une réaction plus complexe.

Websterite.

La websterite a été rencontrée pour la première fois par A. Brongniart (1) dans les fausses glaises d'Auteuil. Elle y forme des rognons constitués par des grains globuleux d'un blanc de neige, à structure fibreuse. Ils sont pressés les uns contre les autres et ont été comparés inexactement à des oolithes. La figure 2 de la planche XVI est la reproduction de la photographie d'un échantillon du type de Brongniart.

Le même minéral se rencontre au même niveau dans les carrières d'Issy (près la porte de Versailles). Dans le courant de 1896, un de mes élèves, M. Jecker, m'en a signalé une assez grande quantité dans ce gisement; nous avons constaté que la websterite y était localisée à la partie supérieure des fausses glaises; elle se présentait dans une zone blanche se fondant insensiblement, d'une part avec celle-ci et de l'autre avec un sphéroïde riche en sidérose globulaire dont il va être question plus loin.

L'examen microscopique des globules de websterite montre que ceux-ci constituent de véritables sphérolites, parfois remarquablement réguliers. Le minéral possède une faible biréfringence, les fibres des sphérolites sont très minces et très enchevêtrées, aussi l'étude détaillée de leurs propriétés optiques n'est-elle guère susceptible de précision. J'ai pu constater toutefois que le minéral est biaxe, le plan des axes optiques est parallèle aux fibres dont la direction est toujours de signe négatif. La complexité des fibres de websterite peut être mise en évidence en éteignant une fibre placée entre les nicols croisés. On voit apparaître alors de nombreuses ponctuations biréfringentes dues à des fibres présentant une autre orientation.

La websterite est généralement considérée comme monoclinique. L'examen optique n'est pas contraire à cette hypothèse, mais ne la démontre pas cependant; les fibres sont trop enchevêtrées pour que l'on puisse affirmer qu'elles présentent des extinctions obliques dans leur direction d'allongement. L'étude de la websterite de l'argile plastique du Mont-Bernon près Épernay est plutôt favorable à l'hypothèse du système orthorhombique : le minéral de ce gisement est formé par de petites

(1) *Ann. Sciences natur.*, mars 1828.

aiguilles enchevêtrées et non groupées en sphérolites : leur extinction est longitudinale ; la bissectrice aiguë est positive et perpendiculaire à une face de la zone d'allongement, parallèlement à laquelle se trouve placé le plan des axes optiques.

L'analyse de la websterite d'Auteuil faite par J.-B. Dumas est voisine de celle qu'exige la composition théorique (1) (Al^2O^3, SO^3, $9H^2O$).

Halotrichite.

L'action de l'acide sulfurique exercée sur l'argile plastique en présence de mélantérite donne naissance à de l'halotrichite [$FeSO^4, Al^2(SO^4)^3, 24H^2O$]; je n'ai pas trouvé ce minéral isolé, mais j'ai constaté son existence à l'état de mélange mécanique dans les croûtes résultant de l'oxydation de la mélantérite et dont il sera question plus loin.

Sidérose.

C'est, selon toute vraisemblance, à la réaction simple ($FeSO^4, 7H^2O + CaCO^3 = FeCO^3 + (CaSO^4, 2H^2O) + 5H^2O$) de la mélantérite sur des eaux d'infiltration calcaires ou sur du calcaire existant normalement dans l'argile plastique, qu'il y a lieu de rapporter la formation de la sidérose qui se rencontre parfois en assez grande abondance dans l'argile plastique. Dans quelques cas (Issy) la sidérose s'est produite en même temps que la websterite, les deux minéraux étant voisins l'un de l'autre.

C'est Ch. d'Orbigny qui en 1837 découvrit à Vaugirard, à Vanves, à Arcueil et en diverses autres localités, de véritables lits constitués en grande partie par de petits globules cristallins de sidérose. Ces derniers étaient distribués dans une argile située entre l'argile sableuse et l'argile de la base. A Arcueil, ces globules entrent pour 45 p. 100 dans la masse argileuse qui les renferme. Ces globules ont, dans un même gisement, sensiblement le même diamètre (pouvant dépasser 2 millimètres).

Les nombreux échantillons de cette sidérose que j'ai examinés pro-

(1) $SO^3 = 23$. $Al^2O^3 = 30$. $H^2O = 41$ (in BRONGNIART, *op. cit.*). La websterite est faiblement décomposée par l'eau, et peut à la longue être transformée en hydrate d'alumine.

viennent des récoltes de d'Orbigny; j'en ai recueilli moi-même l'an dernier dans les carrières d'Issy. Les meilleurs échantillons sont ceux de ce dernier gisement. La sidérose doit être étudiée au sortir de la carrière, car si ce minéral reste, même peu de temps, exposé à l'air, il ne tarde pas à se décomposer partiellement.

A l'état pur, la sidérose se présente sous la forme d'une masse grenue d'un blond clair, pénétrée d'un peu d'argile. L'examen de lames minces fait voir que les globules sont en réalité constitués par un grand nombre de petits rhomboèdres souvent arrondis et affectant une forme de grains d'orge. Ils sont fréquemment groupés d'une façon quelconque pour constituer les granules macroscopiques, mais, souvent aussi, ils sont arrangés d'une façon régulière, le grand axe des sections étant placé tangentiellement à la périphérie du globule. Ces grains sont pressés les uns contre les autres sans ciment et peuvent être aisément désagrégés. Plus rarement, on rencontre des échantillons dans lesquels les cristaux de sidérose sont isolés et atteignent $0^{m},5$ de diamètre; ils se prêtent à un examen détaillé. La figure 6 de la planche XI reproduit la photographie d'une préparation taillée dans un échantillon de ce genre. La sidérose est englobée par de l'argile contenant quelques petits grains clastiques de quartz, elle a la forme de rhomboèdres très obtus ou de prismes hexagonaux terminés par le même rhomboèdre. Les sections perpendiculaires à l'axe vertical sont régulièrement hexagonales et montrent en lumière convergente un axe optique négatif. Le plus souvent, ces cristaux ne sont pas simples, mais sont constitués par le groupement en éventail, c'est-à-dire à axes imparfaitement parallèles, de plusieurs individus. Enfin, j'ai observé quelques groupements dans lesquels les axes principaux des deux composants font entre eux un angle très voisin de 90° et qui correspondent à la macle suivant p $(10\bar{1}1)$, connue dans la calcite.

La figure précitée montre une particularité curieuse que présentent très souvent les cristaux de sidérose de ce gisement, leur centre est occupé par un rhomboèdre du même minéral, souvent en partie isolé au milieu d'une cavité, il a la même orientation que le cristal périphérique. C'est généralement par lui que commence l'oxydation, de telle sorte

que les cristaux sont souvent colorés en brunâtre au centre, alors que leur périphéric est presque incolore en lames minces.

Quand la décomposition est plus avancée, le cristal entier est transformé en limonite, des veinules de ce minéral traversent le globule diamétralement ou obliquement, réunissant les cristaux élémentaires qui finissent par se souder et par être transformés entièrement en un globule homogène de limonite.

Les échantillons du gros sphéroïde de l'argile de la carrière d'Issy dont il a été question plus haut renferment des grains de sidérose à structure un peu différente : le centre des grains est formé par des rhomboèdres aplatis groupés en éventail ou en sphérolites ; ils sont entourés par une croûte fibreuse de sidérose en partie oxydée ; dans beaucoup de grains la partie centrale seule subsiste et l'on est ainsi conduit aux globules creux recueillis par d'Orbigny à Arcueil et qui dans les échantillons de notre collection [59. 192] ne renferment plus guère de carbonate ; ils sont surtout constitués par de l'oxyde de fer hydraté à poussière rougeâtre. Les globules d'Issy renferment souvent à leur centre des octaèdres de pyrite et quand on examine des lames minces taillées dans les petits nodules encore pyriteux qui, çà et là, s'observent dans les blocs à sidérose, on ne doute plus que ce ne soit cette pyrite qui par oxydation leur ait donné naissance ; on voit dans ceux-ci que la pyrite en octaèdres épigénise les cloisons ou remplit les cavités de fossiles qui paraissent être des graines de chara. La sidérose globulaire constitue donc parfois, sinon toujours une épigénie d'origine organique, comme le supposait d'Orbigny, mais celle-ci a été d'abord pyriteuse avant d'être carbonatée.

On voit en résumé que la sidérose de l'argile plastique, pas plus du reste que de la websterite, ne mérite l'épithète d'*oolithique* sous laquelle on l'a désignée jusqu'à présent.

Produits d'altération de la mélantérite.

La mélantérite s'oxyde à l'air avec une extrême facilité, elle donne ainsi naissance à un produit à aspect butyrique, concrétionné, dont la

couleur varie du jaune pâle au jaune de soufre ; il présente généralement une réaction nettement acide.

Ce produit abonde sur les parois de l'argile plastique des carrières d'Issy, où il constitue des concrétions parfois épaisses de plusieurs centimètres. Ces concrétions se dissolvent complètement dans l'eau, celles qui sont de couleur pâle et par suite peu oxydées laissent déposer par cristallisation des aiguilles de mélantérite, mais le plus souvent, on n'obtient aucun produit cristallisé ; la liqueur, en se concentrant, devient sirupeuse, épaisse, puis donne un résidu jaune concrétionné, analogue à celui qui a servi de point de départ.

La coloration jaune de ces concrétions est due à la formation d'un sulfate de sesquioxyde de fer qui me semble voisin (sinon identique), de la *copiapite* ($2Fe^2O^3$, $5SO^3$, $18H^2O$), mais que je n'ai pu parvenir à isoler, car il est mélangé non seulement à la mélantérite non oxydée, mais à de l'halotrichite, et à du gypse produit par la réaction dont il a été question plus haut.

Produits indirects.

Dans les carrières d'Issy, sous l'influence des pluies, les concrétions complexes qui viennent d'être étudiées se dissolvent, ruissellent à la surface du sol et, en présence de fragments de calcaire éboulés des assises du calcaire grossier qui recouvrent l'argile plastique, subissent une double décomposition, donnant d'une part, un sulfate basique de sesquioxyde de fer, qui est l'*apatélite*, et d'une autre, du *gypse*.

On peut dans les carrières recueillir des fragments de calcaire grossier, montrant les divers stades de cette transformation en gypse. C'est par une réaction de ce genre qu'il y a lieu d'expliquer l'association constante de l'apatélite aux beaux cristaux de gypse étudiés plus haut. Je ne m'occuperai plus ici que de l'apatélite.

Apatélite.

Le nom d'*apatélite* a été donné par Meillet (1) au sulfate basique de sesquioxyde de fer qui accompagne d'une façon presque constante les

(1) *Revue scientifique*, II, 255, in *Ann. Minér.*, III, 808, 1843.

cristaux de gypse et la marcasite dans l'argile plastique. On trouve ce minéral en abondance dans l'argile plastique de Meudon, d'Auteuil, d'Issy, etc., sous la forme d'une substance jaune clair, à structure terreuse, constituant de petits nodules irréguliers ou des enduits friables : je l'ai rencontrée en très petite quantité, associée au gypse secondaire des marnes à *Cyrena convexa* et des marnes bleues de Romainville.

La composition correspondrait, d'après Meillet, à la formule ($4Fe^2O^3, 6SO^3, 3H^2O$). Je renvoie pour la discussion de cette composition et pour les rapports existant entre la *raimondite*, la *carphosidérite*, la *pastréite* et l'*apatélite* au tome III de ma *Minéralogie de la France* dans lequel ces diverses questions seront traitées en détail.

Il y a lieu de remarquer que l'apatélite se transforme avec la plus grande facilité en limonite par exposition à l'air humide : cette particularité, jointe à la difficulté de séparer mécaniquement le minéral intact de son produit d'altération, pulvérulent comme lui, rend difficile l'établissement de la formule définitive de l'*apatélite*.

J'ai pu constater que l'apatélite examinée en lames très minces avec de forts grossissements se montre constituée par de petits cristaux à contours vagues, nettement uniaxes, optiquement négatifs et très biréfringents ; ces propriétés sont celles que j'ai observées dans les trois sulfates hydratés de sesquioxyde de fer cités plus haut, ainsi que dans la *cyprusite*.

Les caractères extérieurs de tous ces minéraux sont sensiblement les mêmes ; la raimondite, la carphosidérite et la cyprusite se montrent cependant parfois avec une structure macroscopique cristalline qui n'existe, ni dans l'apatélite, ni dans la pastréite.

Produits d'altération primaire	(oxydation de la marcasite et de la pyrite.			*Mélantérite.* *Acide sulfurique.*
Produits d'altération secondaire.	1° directs.	a. Action de H^2SO^4 sur la gangue.	α. Calcaire..	*Gypse.*
			β. Argileuse.	*Websterite.*
		b. Action de la mélantérite et de H^2SO^4 sur la gangue.	α. Calcaire..	*Gypse, sidérose.*
			β. Argileuse.	*Halotrichite.*
	2° indirects.	a. Produit de l'oxydation de la mélantérite.		*Copiapite.*
		b. Action de la copiapite sur le calcaire...		*Apatélite, gypse.*

Le tableau ci-dessus résume les réactions qui ont donné naissance aux

produits d'altération de l'argile plastique ; il y a lieu de faire remarquer que tantôt ces réactions ont été effectuées isolément et que tantôt elles se sont enchevêtrées.

Généralité des faits concernant la genèse des minéraux dus à la décomposition des pyrites (pyrite et marcasite).

Les réactions qui, par la décomposition des pyrites, ont donné naissance aux minéraux qui viennent d'être étudiés, ont un caractère de grande généralité, mais il est peu de gisements dans lesquels il soit possible de les étudier en voie de formation dans leurs diverses phases successives et aussi facilement que dans l'argile plastique parisienne. Dans la plupart des gisements en effet, une partie des produits formés ont disparu sous l'influence de diverses causes.

Ces phénomènes sont bien entendu indépendants de l'origine sédimentaire ou éruptive de la pyrite et ils sont notamment à comparer aux phénomènes du même genre qui s'observent dans certaines fumerolles volcaniques; les minéraux qui nous occupent y résultent de l'action de l'acide sulfurique (produit par l'oxydation de l'hydrogène sulfuré) sur des roches variées de composition convenable. Lors d'une récente mission en Grèce, j'ai eu l'occasion d'observer les faits suivants, particulièrement intéressants au point de vue qui m'occupe ici :

Sur la côte occidentale de l'île de Naxos et à quelques centaines de mètres au Nord de la petite ville de Naxie, les falaises sont constituées par des sédiments gréseux tertiaires, recouverts par une argile, riche en pyrite cubique, puis par des conglomérats calcaires que surmontent des conglomérats granitiques. La falaise est par places très démantelée, les débris de sa partie supérieure (conglomérats granitiques et calcaires) s'éboulent sur ses flancs et s'amassent à son pied. Sur ces débris, ruissellent les eaux qui se sont chargées de mélantérite, en passant sur les couches argileuses dont les cristaux de pyrite sont souvent entièrement limonitisés aux affleurements. On retrouve toutes les particularités des enduits de mélantérite et de leurs produits d'oxydation jaunes décrits plus haut, mais dans ce gisement, grâce à la sécheresse du climat, la

mélantérite peut se conserver mieux que dans la région parisienne et elle s'observe en cristaux nets et transparents. Le long des rigoles qui conduisent au pied de la falaise ces eaux acides, chargées de sulfate de fer, on voit se former des cristaux de gypse identiques à ceux de l'argile plastique d'Auteuil [cristaux simples, ou maclés suivant h^1 (100)], partout où cette argile est riche en calcaire.

Les eaux minéralisées, produites par dissolution des concrétions de sulfates peroxydés, en suintant à la surface des blocs éboulés du conglomérat calcaire, subissent la même décomposition qu'à Issy et l'on peut recueillir des blocs arrondis de calcaire, superficiellement transformés en gypse (1), mélangé d'apatélite qui les colore en jaune. Partout on voit l'association de ces deux minéraux et il est possible de suivre au microscope toutes les phases de cette sulfatisation progressive du calcaire ; quand elle est incomplète, un coup de marteau permet parfois de séparer la croûte sulfatée d'un noyau de calcaire intact.

Le ravin de Susaki, situé à quelques kilomètres à l'est de l'entrée orientale du canal de Corinthe, est connu par une solfatare qui se trouve au contact d'argiles et de conglomérats calcaires pliocènes et d'une serpentine. Cette solfatare dégage de la vapeur d'eau, accompagnée d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré. Celui-ci par décomposition donne non seulement du soufre, mais encore de l'acide sulfureux, lui-même transformé en acide sulfurique ; c'est ce dernier qui en attaquant toutes les roches avoisinantes produit les minéraux qui vont nous occuper.

Depuis longtemps, M. Fouqué avait signalé la transformation en gypse des conglomérats calcaires, j'ai étudié récemment (2) les curieux produits transformés aux dépens de la serpentine. On voit celle-ci se couvrir d'*epsomite*, puis la magnésie, le fer, la chaux disparaître à l'état de sulfates solubles pour ne laisser que de l'opale, offrant encore la structure

(1) Le gypse produit par la transformation de ces calcaires est constitué par des aiguilles enchevêtrées et ne ressemble en rien, au point de vue de la structure, au gypse parisien. Ce pourrait être là un argument contre l'origine épigénique de ce dernier, s'il était encore nécessaire de discuter cette vieille hypothèse. A ce point de vue, il y a lieu de faire remarquer que les ossements des mammifères du gypse parisien ont conservé leur structure originelle et n'ont subi aucune des transformations minéralogiques, certainement fort curieuses, qui se seraient produites dans des assises métamorphisées par un mécanisme quelconque.

(2) *C. Rendus*, CXXIV, 513, 1897.

microscopique de la serpentine intacte. Elle est généralement imprégnée de gypse résultant en grande partie du ruissellement des eaux superficielles qui ont traversé le conglomérat gypsifère recouvrant localement la serpentine.

En un point du ravin, j'ai observé en outre un curieux accident minéralogique: le fer, au lieu d'avoir été éliminé à l'état de mélantérite, soluble par les eaux superficielles, a été réduit et transformé en *marcasite* qui imprègne l'opale, tapissant même ses cavités de belle masses mamelonnées. Cette marcasite s'altère aisément sous l'influence de la vapeur d'eau acide qui traverse la roche, elle se décompose, donnant ainsi naissance à de la mélantérite dont j'ai pu recueillir de beaux échantillons, généralement riches en magnésie.

Alors, aux dépens de cette mélantérite, se produit tout le cycle de décompositions, étudié plus haut; comme le conglomérat calcaire supérieur s'éboule constamment, à la surface de blocs calcaires qui, au bas du ravin, arrivent en contact avec les produits d'altération, dont il vient d'être question, on voit se produire encore du gypse et de l'apatélite.

Ce gisement est fort remarquable à ce point de vue, car il permet de saisir sur le fait la formation actuelle du gypse pur, s'effectuant par deux voies différentes, bien qu'en réalité elles soient dues à la même action de l'acide sulfurique sur du calcaire. Dans un cas en effet, cet acide provient directement d'une fumerolle volcanique, alors que dans l'autre il a passé par diverses combinaisons dont la dernière est un sulfate ferrique.

Le gypse de Susaki est aussi intéressant à étudier, car de même qu'à Naxos, il est facile de suivre pas à pas la gypsification des blocs calcaires qui s'effectue par leur périphérie.

Quant au gypse produit dans les argiles, associées aux conglomérats, il affecte la forme de beaux cristaux, identiques comme forme à ceux d'Auteuil.

Enfin, sur la côte sud-est de l'île de Milo, j'ai observé des faits du même ordre que ceux qui viennent d'être passés en revue: les fumerolles de Piromeni se font jour à travers des assises constituées par une alternance de micaschistes et de calcaires, les vapeurs sulfurées ne

laissent guère subsister dans les micaschistes que le quartz et le calcaire est transformé en gypse ; les sulfates ferrifères offrent les oxydations étudiées plus haut et à la surface de blocs de calcaire, j'ai recueilli, là encore, du gypse et un sulfate analogue à l'apatélite.

B. — Minéraux divers de la craie et de l'argile plastique.

α. *Célestite.*

La célestite se rencontre dans la craie sénonienne (1) et à deux niveaux de l'éocène inférieur dans le conglomérat ossifère de Meudon ainsi que dans l'argile plastique.

Il est à noter que les formes dominantes de la célestite sont les mêmes dans ces divers gisements et en outre que ce sont celles qui ont été indiquées plus haut dans les marnes vertes oligocènes.

Craie sénonienne. — La célestite a été rencontrée vers 1817 en fort beaux cristaux dans les fentes des silex de la craie de Meudon et dans les tubulures plus ou moins cylindriques que présente celle-ci. Ces minéraux sont introuvables aujourd'hui.

Cuvier et Brongniart (2) en décrivant ce minéral font remarquer que son origine secondaire n'est pas douteuse, que dans les silex notamment, les cristaux de célestite soudent les fissures d'un même échantillon et ne se trouvent pas dans des cavités primordiales de ceux-ci.

La figure 1 de la planche XIV représente un fragment de silex de ce gisement dont une cassure est couverte de délicates cristallisations de célestite. La figure 2 est la reproduction de la photographie d'une *Ananchytes ovata* dont le test calcifié a été en partie soulevé pour

(1) M. Munier-Chalmas vient d'indiquer (*Bull. Société géologique*, XXV, 88, 1897) l'existence de petits amas de célestite dans le calcaire pisolitique d'Auteuil et dans les marnes blanches de Meudon. D'après ce géologue, ces marnes résultent de la décalcification de calcaires *montiens* à *Cerithium inopinatum*, etc. C'est dans les blocs calcaires d'une argile de ce niveau que M. Jannettaz a signalé autrefois (*Bull. Société géologique*, XXIX, 41, 1871) l'existence du carbonate de strontium, d'où le nom de *marnes strontianifères* souvent donné aux marnes de Meudon. Je n'ai pas eu entre les mains de célestite de ce gisement.

(2) Cuvier et Brongniard, *op. cit.*, 74.

montrer une cavité laissée entre celui-ci et le milieu du fossile transformé en silex. Cette cavité est tapissée de cristaux du même minéral.

Les échantillons de célestite des tubulures de la craie étaient beaucoup plus rares que les précédents. Notre collection en possède de bons exemplaires [41.162]; les cristaux sont implantés sur un revêtement de limonite scoriacée qui semble indiquer que la cavité étudiée était originellement constituée par un rognon allongé de célestite.

La forme de tous les cristaux de Meudon est uniformément celle qui a été étudiée page 257 dans les marnes vertes, c'est-à-dire la combinaison de e^1 (011) avec la pyramide ψ (133) (*célestite apotome* d'Haüy), et parfois a^2 (102); ce sont les cristaux de cette localité présentant cette dernière forme qui ont constitué le type de la *celestite dioxynite* (1) d'Haüy.

Dans ceux des cristaux de la craie que j'ai étudiés, la pyramide ψ est très développée, souvent même presque seule, elle est fréquemment terminée non seulement par a^2 (102), mais encore par des facettes h^1 (100), m (110), $b^{1/2}$ (111). Toutes ces faces terminales sont très petites et très brillantes, alors que les faces e^1 et ψ sont le plus souvent ternes, mais non arrondies; le minéral est blanc, souvent taché de rouille.

Dans les cristaux tapissant les fentes des silex au contraire, toutes les faces sont généralement brillantes; les cristaux transparents sont incolores ou légèrement bleuâtres.

Les cristaux qui recouvrent l'oursin figuré dans la planche XIV offrent une forme un peu différente des précédents : tandis que ceux qui sont implantés sur le noyau siliceux du fossile présentent la combinaison e^1 ψ a^2, avec les faces p généralement peu développées : ceux qui sont fixés à l'intérieur du test calcaire au contraire affectent la forme de tables e^1 (011), a^2 (102), très aplaties suivant la base : il existe parfois des petites faces m.

Eocène inférieur. Conglomérat ossifère de Meudon. — Un second gisement de célestite a été trouvé par Cuvier et Brongniart à Bougival dans le *conglomérat dit de Meudon*. Celui-ci est formé en partie par

(1) Cuvier et Brongniart, *op. cit.*, et Haüy, *Minéralogie*, II, 33, 1822.

des blocs d'un calcaire dur, jaune, avec fossiles du calcaire de Mons. Dans un de ceux-ci, les auteurs précités ont trouvé une géode tapissée de cristaux de célestite, atteignant 2 centimètres de plus grande dimension, ce sont eux qui ont constitué le type de la *célestite apotome* d'Haüy (1).

Notre collection renferme les originaux de Cuvier et Brongniart et ceux d'Haüy. On voit que dans ceux-ci, la célestite non seulement est implantée sur le calcaire, mais encore l'imprègne sous forme de longs cristaux mesurant 1 centimètre à partir de la paroi de la géode ; la formation de la célestite a été accompagnée de celle de calcite concrétionnée. Ces cristaux sont fortement translucides, leurs faces sont peu réfléchissantes. L'un d'eux a pu être taillé perpendiculairement à la bissectrice aiguë positive, c'est-à-dire parallèlement à h^1 (100), et m'a donné pour l'écartement des axes optiques la valeur suivante pour la lumière du sodium :

$$2E = 87^\circ, \text{ d'où } 2V = 50^\circ 9 \text{ environ.}$$

en prenant pour la valeur n_m la valeur 1,624 donnée par Arzruni.

La célestite s'est aussi trouvée dans le même conglomérat à Meudon en masses grisâtres concrétionnées à structure fibrolamellaire : elles remplissent des cavités de corrosion, creusées à la surface de blocs de calcaire [37. 47].

Argile plastique. — Dans l'argile plastique, C.-A. Becquerel (2) a également trouvé la célestite sur des échantillons de lignite. Il l'a observée en cristaux pouvant atteindre 2 centimètres de longueur, ils étaient parfois implantés dans le lignite comme si on les avait enfoncés avec un coin.

Les échantillons que possède notre collection sont constitués par une sorte de sable à gros éléments à peine cohérents ; la célestite y forme de très petits cristaux brunâtres, accolés à axes parallèles ou enchevêtrés. Ils présentent les mêmes formes que dans la craie de Meudon.

La célestite a été trouvée aussi à Auteuil sous la forme de nodules aplatis, formés par l'enchevêtrement de grandes lames spathiques

(1) CUVIER et BRONGNIART, *op. cit.*, 77, et HAÜY, *Minér.*, II, 33, 1822.
(2) *Ann. chim. et phys.*, XXII, 348, 1823.

atteignant $0^{cm},5$ de diamètre, elles sont de couleur variée, jaune ou rouge. La surface de ces nodules présente des faces cristallines distinctes qui montrent que les individus élémentaires de célestite ne possèdent pas la même forme que dans les échantillons précédents; leurs formes dominantes sont p (001) et m (110) avec généralement aplatissement suivant p; de nombreuses autres facettes se rencontrent en outre a^1 (101), a^2 (102), e^1 (011), $b^{1/2}$ (111).

β. *Phosphorite.* — *Vivianite.*

C.-A. Becquerel signale dans l'argile plastique d'Auteuil des nodules terreux, happant à la langue et rappelant l'apparence de la ménilite. Ces nodules avaient de 2 à 3 centimètres de diamètre; d'après une analyse de Laugier, ils seraient constitués par de la *phosphorite*.

Je n'ai eu entre les mains aucun échantillon de ce minéral, pas plus que de la *vivianite* bleue terreuse, signalée par Becquerel, puis par M. Stanislas Meunier (1) à la surface d'échantillons du minéral précédent provenant du même gisement. M. Dollfus m'a signalé l'existence de la vivianite dans l'argile plastique des Moulineaux.

γ. *Blende.*

La blende a été observée pour la première fois par C.-A. Becquerel dans l'argile plastique d'Auteuil. Ses petits cristaux nets du type dodécaédrique ont été retrouvés dans plusieurs gisements analogues de l'Oise : ils ne constituent qu'un accident minéralogique intéressant, comparable à celui que l'on observe dans de nombreux gisements sédimentaires primaires ou secondaires.

δ. *Succinite.*

La succinite a été trouvée à de nombreuses reprises dans les parties ligniteuses de l'argile plastique d'Auteuil, de Meudon, de Vanves, d'Issy.

(1) *Géologie des environs de Paris*, 116.

Elle constitue des globules dont la grosseur varie de celle d'un pois à celle d'un œuf. C.-A. Becquerel y a signalé l'existence de phénomènes de polarisation dus à la trempe. Les échantillons que possède notre collection sont jaunes, souvent presque complètement opaques. Beaucoup d'entre eux sont fendillés par suite de la décomposition saline du sulfure de fer qui les imprégnait originellement.

ι. *Mellite* (?) (*Xylocryptite*).

De très petits cristaux d'un jaune de miel ont été trouvés par C.-A. Becquerel (1) dans le lignite d'Auteuil, associés à la marcasite, à la succinite. Leur forme était octaédrique, leurs propriétés pyrognostiques et leur dureté voisines de celles de la *mellite* : le peu de substance trouvée n'a pas permis d'identifier complètement ces cristaux à ce dernier minéral et Becquerel a proposé de les désigner provisoirement sous le nom de *xylocryptite* en attendant une étude plus complète.

Je n'ai pu retrouver aucun échantillon de cette substance.

(1) *Journal de physique*, LXXXIX, 237 et 308, 1819.

CHAPITRE III

Gypse de redissolution.

Je réunis dans ce chapitre tout d'abord les échantillons de gypse, produits par voie secondaire, dans les fentes des formations gypseuses, par recristallisation sur place du gypse dissous par les eaux d'infiltration. Je m'occuperai ensuite de quelques cas de cristallisation à distance de cristaux de gypse dans les conduites d'eau séléniteuse provenant de la région gypseuse qui fait l'objet de ce mémoire.

α. *Cristaux distincts.*

Type I. — Les cristaux de gypse qui se forment actuellement à la surface des affleurements des marnes vertes, des marnes bleues, sont de petite taille, ils offrent les formes du type I des cristaux de gypse de l'argile plastique, les macles suivant h^1 (100) par accolement ou pénétration y sont assez fréquentes. Ces petits cristaux limpides et incolores sont généralement de très petite taille, ils ont parfois moins de un millimètre. Je les ai observés en abondance à Argenteuil; il est possible que ceux des marnes bleues proviennent en partie de la décomposition de la pyrite.

Ce sont des cristaux de ce même type, presque tous maclés par accolement suivant h (100) qui constituent un bel échantillon de notre collection [52,380] ayant conservé la forme du tuyau de conduite d'eau dans lequel on l'a rencontré à Montmartre. Ils sont colorés en jaunâtre, leurs faces de la zone prismatique sont très cannelées verticalement ; ils atteignent un centimètre suivant l'axe vertical. Ils sont implantés dans du gypse à cristallisation moins nette, de telle sorte que l'angle rentrant de la macle est toujours dirigé vers la cavité de la géode, aussi aucun pointement à angle saillant n'est-il visible. Beaucoup des cristaux de cet échantillon sont formés par accolement à axes parallèles d'un grand nombre d'individus de même forme, mais très minces. Cette structure polysynthétique est mise en évidence par des angles rentrants sur les faces m et a_3.

La collection Haüy renferme un échantillon d'une concrétion formée

dans une chaudière d'une machine à vapeur de Chaillot. Il est constitué par des croûtes fibreuses de gypse, brisées et ressoudées sur lesquelles sont implantés de petits cristaux transparents de gypse de la forme trapézienne.

Type II. — J'ai décrit (1) un curieux échantillon de gypse trouvé à Saint-Denis dans le générateur de la chaudière d'une usine. Il est constitué par des cristaux de un centimètre qui sont uniformément maclés suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$). Ils sont limités extérieurement par les faces g^1, m et des faces arrondies voisines de la zone $a^{3/4}\ g^1$; les angles de celles-ci étant voisins de ceux de $a_{2/9}$ ($\bar{5}49$), j'ai indiqué par erreur cette forme dans le travail précité. De même que dans les macles du type III du gypse ludien, les angles rentrants de la macle n'existent pas par suite du large développement des faces m. Ces cristaux ont la forme de coins à pointement aigu, à sommet quadrangulaire formé par les faces m très striées parallèlement à leur intersection avec g^1 (010) : ils sont implantés sur la paroi par leur extrémité aiguë.

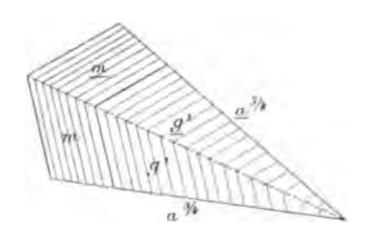


Fig. 19. — Projection sur g^1(010) d'une macle suivant $a^{1/2}$($\bar{2}01$) de gypse (cristallisation accidentelle).

Type III. — Les cristaux transparents qui se forment parfois par recristallisation dans les fentes du gypse (Montmartre, Clignancourt, Belleville, Montreuil, etc.) sont généralement absolument incolores et transparents. Ils appartiennent à la forme lenticulaire avec d'ordinaire les faces m et g^1 distinctes.

C'est à la même origine secondaire qu'il y a lieu de rapporter de fort jolis cristaux incolores que j'ai observés dans une géode de l'albâtre de Lagny, les cristaux sont des lentilles maclées suivant $a^{1/2}$ (macle du type II), leur particularité réside dans l'existence des faces $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), qui sont souvent creuses formant une profonde gouttière entre les faces a_3. Ces cristaux atteignent 3 centimètres suivant l'axe vertical.

Il est possible que quelques-uns des cristaux lenticulaires simples ou maclés que l'on rencontre entourés par le gypse niviforme soient d'origine secondaire.

(1) *Bull. Société minéralogique*, XII, 515, 1889.

β. *Gypse niviforme.*

Le nom de gypse niviforme a été donné à la fin du siècle dernier (1) à une variété de gypse qui présente un aspect très caractéristique. Elle est constituée par le feutrage de lentilles extrêmement minces; ce feutrage est peu serré, de telle sorte que le gypse niviforme se laisse facilement entamer par l'ongle et diminue de volume sous l'influence d'une pression peu intense.

La figure 6 de la planche X montre la structure microscopique du gypse niviforme. On voit que ces cristaux allongés rappellent au premier abord les microlites des feldspaths des roches volcaniques. La forme des sections parallèles à g^1 (010) et de celles perpendiculaires aux bissectrices ne laisse pas de doute sur la nature lenticulaire de ces petits cristaux microscopiques. Ils sont parfois remarquablement contournés.

Le gypse niviforme remplit des cavités dans le gypse ludien et englobe parfois de gros cristaux de gypse (fig. 3 et 4 de la planche VIII); il n'y a pas de niveau spécial pour ce minéral que l'on trouve aussi bien dans la première masse que dans celles qui lui sont inférieures. A Argenteuil, on rencontre dans les marnes à *Pholadomya ludensis* des rognons formés par des épigénies de gros cristaux de gypse : ils sont constitués essentiellement par de petits rhomboèdres e^1 $(02\bar{2}1)$ jaunâtres de calcite, leur centre est occupé par du gypse niviforme.

L'origine secondaire de cette variété de gypse n'est pas douteuse.

γ. *Gypse fibrolamellaire.*

On rencontre parfois dans les marnes intragypseuses et dans les marnes supragypseuses de petits lits ou filonnets de gypse blanc fibrolamellaire, offrant la plus grande analogie avec ceux qui sont si abondants dans les gisements de gypse triasique; ils sont parallèles à la stratification des marnes ou inclinés sur celle-ci, leur origine secondaire est évidente. On en a trouvé notamment de fort beaux échantillons aux Buttes-Chau-

(1) *Journal de physique*, XVI, 295, 1780.

mont [59.35] dans les marnes jaunâtres situées entre la deuxième et la troisième masse, dans les marnes à ménilite (Montmartre, Pantin, etc.), etc. Ce gypse fibrolamellaire est parfois parfaitement transparent sous une faible épaisseur.

δ. *Gypse stalactiforme et concrétionné.*

Les cavités des assises gypseuses ludiennes sont fréquemment recouvertes par des dépôts concrétionnés de gypse recristallisé, qui dans les échantillons que j'ai observés, ne présentent pas de particularités dignes d'être citées. J'indiquerai toutefois des stalactites, signalées par Pralon (1) à Clignancourt, remarquables par leur couleur jaune citron et leur aspect qui les faisaient ressembler à du sucre d'orge.

Les tuyaux de conduite alimentés par les eaux séléniteuses sont fréquemment tapissés par des enduits de gypse qui peuvent souvent les obturer complètement ; la cassure de ces enduits montre des zones concentriques, souvent différemment colorées avec une structure plus ou moins régulièrement fibreuse.

La figure 5 de la planche X représente une lame mince taillée dans un échantillon de ce genre provenant du remplissage presque complet d'un tuyau de 4cm,5 de diamètre (Montreuil) [35.15 1 4]. On voit que la structure microscopique est sensiblement la même que celle du gypse niviforme, avec cette différence toutefois que les éléments en sont de plus grande taille et souvent orientés. Les deux sections très éclairées qui se trouvent presque au milieu du champ font voir nettement le clivage g^1 (010) et montrent que la forme de ces cristaux élémentaires est bien celle du gypse lenticulaire.

ε. *Minéraux néogènes divers de la formation gypseuse.*

En outre du gypse recristallisé et des minéraux contituant les pseudomorphoses décrites plus haut, la formation gypseuse renferme divers minéraux de formation actuelle, qu'il me reste à signaler.

(1) *Op. cit.*

Calcite.

Les fentes du gypse sont fréquemment recouvertes par des enduits, des croûtes fibreuses ou des stalactites essentiellement constitués par de la calcite. L'examen microscopique montre que celle-ci est fréquemment mélangée de lames de gypse.

Epsomite.

L'*epsomite* ($MgSO^4,7H^2O$) a été indiquée par Vauquelin (1) en efflorescences à la surface des bancs de gypse de Ménilmontant et des marnes intragypseuses. Ce minéral paraît être peu abondant, il résulte de la réaction du sulfate de chaux dissous par les eaux superficielles sur les marnes magnésiennes. L'échantillon de notre collection est constitué par de petites aiguilles incolores recouvrant une marne blanchâtre. Le minéral dissous dans l'eau recristallise sous forme de prismes orthorhombiques identiques au sel artificiel.

Soufre.

De petites masses de soufre pulvérulent d'un blanc jaunâtre ont été rencontrées dans les marnes gypseuses de Montmartre : elles proviennent de la réduction du gypse par des matières organiques et sont probablement en partie de formation actuelle, bien qu'il ne soit pas possible de l'affirmer. M. G. Dollfus m'a communiqué un intéressant échantillon de soufre très cristallin de Châtillon englobé dans du gypse laminaire transparent.

Ce mode de formation du soufre si fréquent dans certains gisements triasiques ou tertiaires a été souvent observé dans le sol de Paris où le minéral s'est produit aux dépens de plâtras, on l'a trouvé notamment en 1778 à la porte Saint-Antoine (2), et en 1881 dans le sous-sol de la place de la République (3).

(1) Haüy, *Bull. Soc. philom.*, 140, 1798.
(2) *Mém. Acad. Sciences*, 1780, 105.
(3) Daubrée, *C. Rendus*, XCII, 101 et 1440, 1881, et A. Lacroix, *Minéral. de la France et de ses colonies*, II, 371, 376, 1897.

APPENDICE (GISEMENT D'ALBÂTRE DE THORIGNY).

Au moment du tirage de cette feuille, j'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Taté, visiter en détail la carrière souterraine d'albâtre de Thorigny dont il a été question page 230. J'indiquerai ici les principaux résultats obtenus par cette étude, renvoyant pour le détail à un prochain mémoire.

L'albâtre forme un banc d'environ deux mètres d'épaisseur, au-dessous de la deuxième masse du gypse : il a pour toit une marne magnésienne, pour mur des marnes et des lits de gypse à structure normale, renfermant beaucoup de grandes lentilles en banc continu.

La partie supérieure de l'albâtre est irrégulière, concrétionnée, creusée de cavités remplies par la marne. C'est là surtout que se trouvent les grandes masses laminaires de gypse (p. 230), elles se terminent souvent dans la marne par des pointements cristallins.

Le quartz est disséminé non seulement dans l'albâtre, mais dans la couche inférieure du gypse normal, et jusque dans les grandes lentilles gypseuses de celle-ci. En dissolvant dans un acide les agrégats miarolitiques de calcite et de quartz (p. 248), j'ai trouvé mélangée au quartz une petite quantité de cristaux de *célestite*. Ce nouveau gisement de célestite est à comparer à celui des caillasses de Trilport (p. 248) : il montre que le sulfate de strontium existe normalement en proportion infinitésimale dans le gypse; grâce à sa faible solubilité, il se concentre par la dissolution de ce dernier.

Enfin, dans la masse de l'albâtre se trouvent des cavités de corrosion sur les parois desquelles sont implantées de magnifiques lentilles transparentes et incolores de gypse, riches en faces brillantes, et offrant tous les types du gypse ludien : elles me permettront sans doute de préciser les formes de celui-ci. Quand ces cavités de corrosion sont creusées dans l'albâtre laminaire, les cristaux néogènes sont orientés comme celui-ci. Ces cristaux drusiques sont parfois de grande taille ; ils atteignent un décimètre, ils sont jaunâtres et ne se distinguent pas des grandes lentilles ludiennes. Leur origine secondaire étant indiscutable, l'hypothèse que j'ai émise page 286, sur la possibilité de l'origine secondaire des lentilles ludiennes implantées dans le gypse en roche, devient à mes yeux presque une certitude.

EXPLICATION DES PLANCHES (1)

PLANCHE 8

GYPSE.

FIG. 1. — Macle suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), clivée suivant g^1 (010); cristaux enfilés suivant l'arête $g^1 a^{1/2}$. Marnes ludiennes de Montmartre [97.698].

FIG. 2. — Groupe de lentilles de gypse (maclées suivant $a^{1/2}$) dans marne ludienne (Montmartre) [14.16].

FIG. 3. — Clivage g^1 d'une macle $a^{1/2}$, englobée dans gypse saccharoïde (Montmartre) [97 544].

FIG. 4. — Lentille clivée suivant g^1, avec gypse niviforme, sur gypse saccharoïde (Montmartre) [97.543].

FIG. 5. — Gypse lenticulaire des marnes vertes de Belleville; la face g^1 (010) a été placée dans le plan de la figure. B, le même cristal vu perpendiculairement à l'axe vertical [61.196].

FIG. 6. — Cristaux de gypse de l'argile plastique; A, cristal présentant la disposition en éventail (Auteuil, rue Mozart, nos 66 à 76) [97.54]; B, groupement irrégulier de cristaux, allongés suivant l'axe vertical (Auteuil, 14.11); C. cristaux de gypse implantés sur un rognon de marcasite, celui-ci est en partie recouvert d'apatélite (Issy, carrière de la porte de Versailles) [74.86] (Réduction de moitié environ).

FIG. 7. — Gypse lenticulaire des marnes ludiennes (Montmartre). A, le cristal est disposé de telle sorte que g^1 (010) est parallèle au plan de la figure. B, le même cristal vu perpendiculairement à l'axe vertical [14.15] (Réduction de 1/3).

FIG. 8. — Macle suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) montrant exceptionnellement les faces m (110) (Montmartre) [97.538].

FIG. 9. — Macle suivant h^1 (100) à aspect hémimorphe. Marnes vertes d'Argenteuil (Butte d'Orgemont) [48.441].

FIG. 10. — A. Gypse lenticulaire conique dans marne ludienne de l'hôpital Saint-Louis. En B, le cristal a été enlevé de sa gangue, à droite celle-ci a laissé son empreinte en creux; à gauche le cristal est vu de profil [35.1513].

(1) Les planches de ce mémoire sont la reproduction de photographies exécutées sous ma direction par un artiste habile, M. Monpillard, que je suis heureux de remercier ici.

Les numéros placés entre [ ] sont les numéros d'ordre du catalogue de la collection minéralogique du Muséum, les deux premiers chiffres indiquent l'année d'entrée de l'échantillon, le dernier nombre le numéro d'ordre dans la série annuelle; par exception, et sauf indication contraire les échantillons de la série 97 ont été recueillis avant 1837, ils proviennent de la collection Gillet de Laumont et ont été récemment catalogués.

Les figures pour lesquelles n'est donnée aucune indication de grossissement ou de réduction sont reproduites en grandeur naturelle.

PLANCHE 9

FIG. 1. — Gypse de Montmartre placé de façon à montrer la disposition symétrique des deux lentilles composantes par rapport au plan de macle $a^{1/2}$ $(\overline{2}01)$ (Montmartre) [72.142] (Réduction de 1/3 environ).

FIG. 2. — Macle semblable à la précédente vue parallèlement à la face d'aplatissement de l'une des lentilles; celle-ci porte une seconde macle qui a été clivée pour montrer le clivage g^1 (010) en forme de fer de lance [72.142 *bis*] (Montmartre) (Réduction de 1/3).

FIG. 3. — Gypse lenticulaire en groupes enchevêtrés des marnes du lutétien supérieur (caillasses de Vanves) [37.87] (pseudomorphose) (Réduction de 2/3).

FIG. 4. — Macle suivant h^1 (100) à aspect hémimorphe des marnes vertes d'Argenteuil. Échantillon vu parallèlement à g^1 (010) [77.238] (Réduction de 1/3).

PLANCHE 10

Lumière polarisée parallèle (sauf la figure 4). Les directions des sections principales des nicols sont parallèles aux marges.

FIG. 1. — Lame mince du gypse d'Argenteuil (3e masse) (Grossissement de 45 diamètres).

FIG. 2. — Lame mince du gypse de Montmartre (1re masse); échantillon servant de gangue à un ossement de *Palæotherium* (Grossissement de 45 diamètres).

FIG. 3. — Lame mince du gypse d'Argenteuil (3e masse); les cristaux de gypse sont entourés par des ponctuations de calcite (Grossissement de 50 diamètres).

FIG. 4. — Lame mince de l'opale nectique du bartonien (calcaires de Saint-Ouen) montrant que cette substance est une pseudomorphose de gypse (Lumière naturelle, grossissement de 125 diamètres).

FIG. 5. — Lame mince d'une concrétion de gypse remplissant un tuyau de conduite d'eau de Montreuil (Grossissement de 25 diamètres).

FIG. 6. — Lame mince de gypse niviforme de Montmartre (Grossissement de 55 diamètres).

PLANCHE 11 (1)

La direction des sections principales des nicols est parallèle aux marges de la planche. Toutes les figures sont vues en lumière polarisée parallèle, sauf la figure 6.

FIG. 1. — Lame mince taillée parallèlement à g^1 (010) dans un cristal de gypse en voie de transformation en lutécite. L'apparence de macles suivant h^1 (100) dans le gypse est due à l'existence d'un sulfate anhydre de calcium produit par déshydratations pendant la confection de la préparation. Le fond noir de la préparation est constitué par de l'opale (Tunnel du chemin de fer de Saint-Cloud) (Grossissement de 45 diamètres).

FIG. 2. — Lutécite du lutétien supérieur de Clamart. Section parallèle à l'axe vertical.

FIG. 3. — Section de quartz perpendiculaire à l'axe vertical entourée par une zone périphérique de lutécite (lutétien supérieur de Lissy sur Ourcq); les zones d'accroissement de la lutécite sont très visibles sur cette figure.

(1) Les figures 2, 3 et 4 ont été faites à l'aide des plaques décrites et figurées par MM. Michel Lévy et Munier-Chalmas (*Bulletin Société franç. Minéralogie*, XV, 1892, phot. nos 6, 8 et 5).

Fig. 4. — Section de lutécite perpendiculaire à l'axe vertical (Clamart).

Fig. 5. — Célestite des marnes vertes de Montmartre; plaque mince de l'échantillon représenté par la figure 3 de la planche 14.

Fig. 6. — Sidérose de l'argile plastique d'Issy (carrière de la porte de Versailles); les cristaux sont distribués dans l'argile plastique (Lumière naturelle, grossissement de 50 diamètres).

PLANCHE 12

Fig. 1 et 3. — Gypse lenticulaire, pseudomorphisé en quartz, du lutétien supérieur (caillasses). Fondations de l'abattoir de Vaugirard. Ces échantillons ont été débarrassés par l'acide chlorhydrique des cristaux de calcite qui les imprégnaient, ainsi que de leur gangue argilo-calcaire dont une partie a été laissée à droite dans la figure 2 [96.534] (Réduction de moitié) et [96.223].

Fig. 2. — Fragments clivés parallèlement à g^1 (010) d'une macle suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) du gypse bartonien (sables de Beauchamp) des fondations de l'abattoir de Vaugirard. Ces échantillons sont entièrement pseudomorphisés en calcite; on voit la trace des clivages e^1 (011), constituée par des cloisons calcaires [97.547].

Fig. 4. — Pseudomorphoses exclusivement siliceuses du gypse bartonien, englobées par de l'opale ménilite qui renferme à la partie supérieure des traces de *Lymnæa longiscata*. Ces pseudomorphoses sont réduites à une cavité ayant la forme du cristal et montrant des cloisons siliceuses correspondant au clivage e^1 (011). Le cristal est vu à peu près parallèlement à g^1 (Plaine Monceau, tranchée du chemin de fer de Versailles) [97.539] (Réduction de moitié).

Fig. 5. — Comme la figure 4, les cloisons siliceuses correspondent ici aux clivages g^1 (010) [37.1] (Réduction de moitié).

PLANCHE 13

Fig. 1 et 2. — Lentilles de gypse très aplaties à disposition arborescente. Pseudomorphoses calcaires, engagées dans marne calcaire du lutétien supérieur (caillasses) de Gentilly [34.109] (Réduction de 1/4) et [34.108] (Réduction de moitié).

Fig. 3. — Gypse maclé suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$) à disposition arborescente dans marne calcaire (Andrésy) [Coll. géologique] d'après un dessin de M. Jacquemin, calque de l'échantillon (Réduction de moitié).

PLANCHE 14

Fig. 1. — Cristaux de célestite, implantés sur les parois d'une fissure d'un rognon de silex de la craie sénonienne (Meudon) [26.157] (Réduction de 1/3).

Fig. 2. — Celestite implantée sur le remplissage siliceux d'une *Ananchytes ovata* de la craie sénonienne (Meudon); ils tapissent une cavité limitée extérieurement par le test de cet oursin [26.167].

Fig. 3. — Fragment d'un nodule de célestite des marnes vertes (Montmartre) montrant des fentes de retrait [17.51] (Réduction de moitié environ).

Fig. 4 et 5. — Gypse de l'argile plastique. Un des cristaux est allongé suivant l'axe vertical (fig. 4) [97.545] (il est réduit de moitié environ), l'autre est allongé suivant une arête $a_3\, a_3$ (fig. 5).

FIG. 6. — Célestite des marnes vertes dont les fissures de retrait sont en voie de remplissage par des cristaux du même minéral (Montmartre) [17.51 *bis*].

PLANCHE 15

FIG. 1. — Lutécite tapissant les cavités d'une pseudomorphose de gypse du lutétien supérieur (caillasses) de Clamart. On peut voir à la loupe les formes pseudohexagonales de la lutécite (Échantillon grossi deux fois) [97.546].

FIG. 2. — Opale ménilite des marnes ludiennes de Ménilmontant. Des traces de marnes magnésiennes sont visibles sur l'échantillon qui porte des traces de la stratification de celles-ci [26.354]. L'échantillon est vu perpendiculairement à la stratification.

FIG. 3. — Opale ménilite des marnes bartoniennes (calcaire de Saint-Ouen) de la plaine Saint-Denis [41.40].

FIG. 4. — Calcédoine stalactiforme et calcite du lutétien supérieur (caillasses) de Neuilly [40.277] (Réduction de moitié environ).

FIG. 5. — Rognon quartzeux (fusil des carriers) engagé dans le gypse saccharoïde du ludien (base de la première masse du gypse), Montmartre [55.36].

FIG. 6. — Opale ménilite englobant des *Lymnea longiscata* des marnes bartoniennes (calcaire de Saint-Ouen) de la plaine Monceau (tranchée du chemin de fer de Versailles) [97.540].

FIG. 7. — Opale ménilite en petits nodules dans marne schiteuse du ludien de Ménilmontant. Échantillon vu parallèlement à la stratification [97.537] (Photographie un peu réduite).

FIG. 8 — Opale ménilite des marnes ludiennes de Villejuif [41.53].

PLANCHE 16

FIG. 1. — Moulage en relief d'une trémie cubique de sel gemme (Hutte aux Gardes, pied N.-O. de Montmartre) [23.613].

FIG. 2. — Websterite sphérolitique de l'argile plastique d'Auteuil [46.90].

FIG. 3. — Moulage d'une trémie cubique de sel gemme du trias de Burvenich, près Commern (Eifel) en grès [70.44].

FIG. 4. — Pseudomorphoses de sel marin (épigénie des cristaux de sel gemme du trias) de Burvenich, près Commern (Eifel) [70.45].

FIG. 5. — Figures de retrait produites dans une marne calcaire à la surface du gypse ludien du parc de Saint-Cloud [38.2] (Réduction de 2/3).

FIG. 6. — Géode de calcite en rhomboèdres e^1 ($02\bar{2}1$) du lutétien supérieur (caillasses) de la rue du Val-de-Grâce (niveau à pseudomorphoses de gypse).

TABLE

CHAPITRE III

GYPSE DE REDISSOLUTION.

6276-97. — Corbeil. Imprimerie Ed. Crété.

Gypse de Paris.

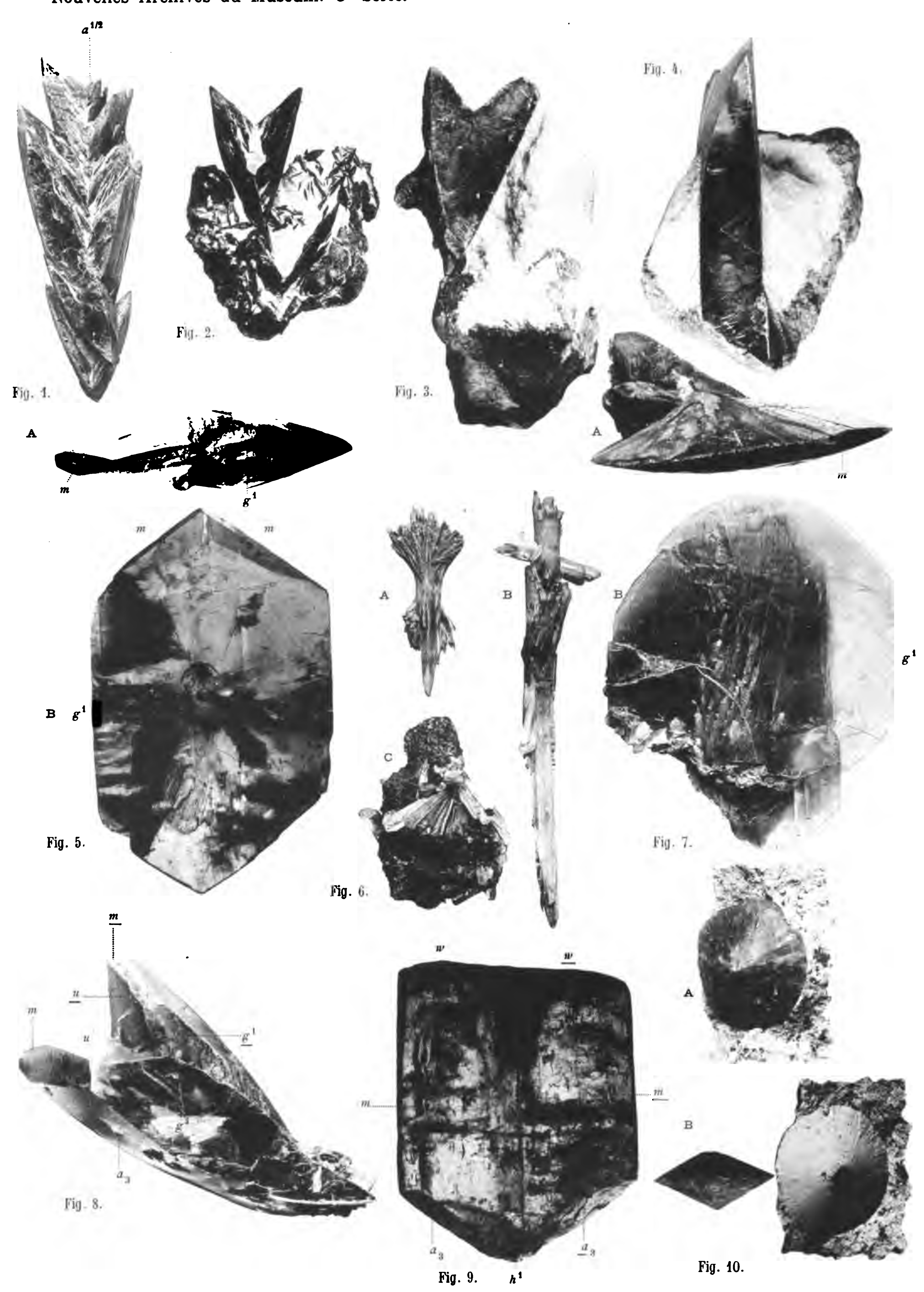
Masson & Cie, Éditeurs.



F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Gypse de Paris.

Masson & Cie, Éditeurs.



F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Gypse de Paris.

Masson & Cie, Éditeurs.

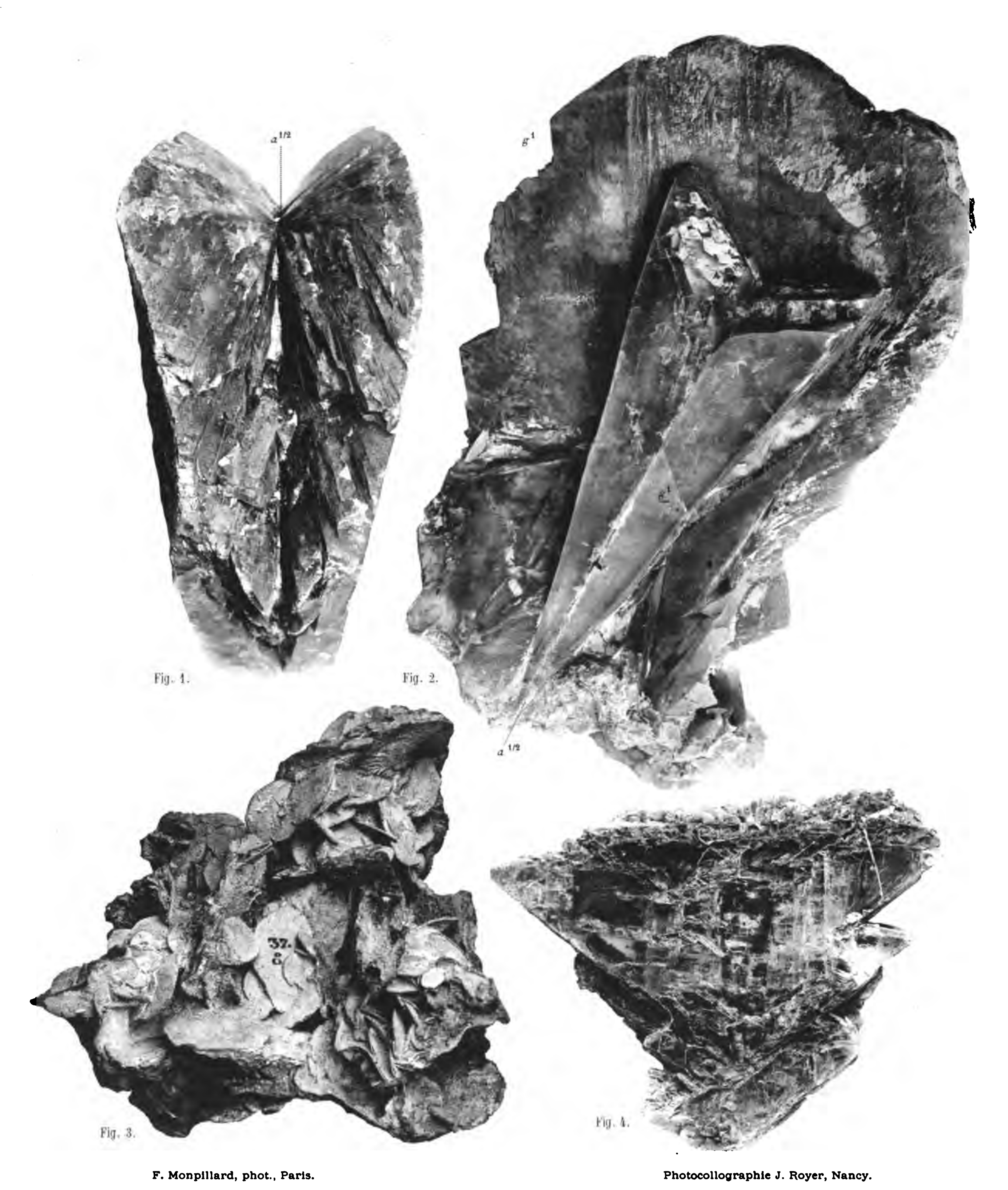


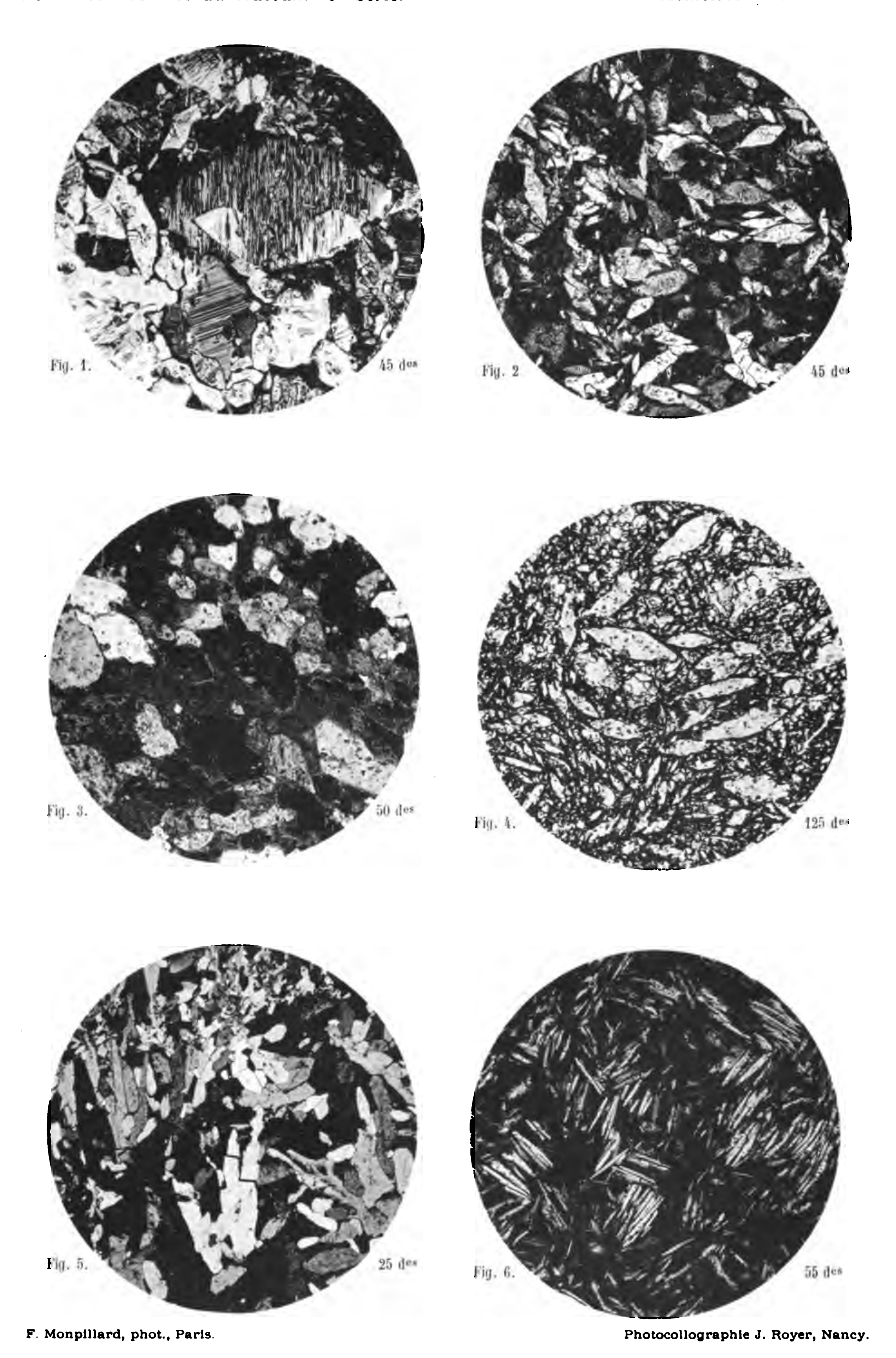
Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Gypse de Paris.

Masson & Cie, Éditeurs.

Masson & Cie, Editeurs.

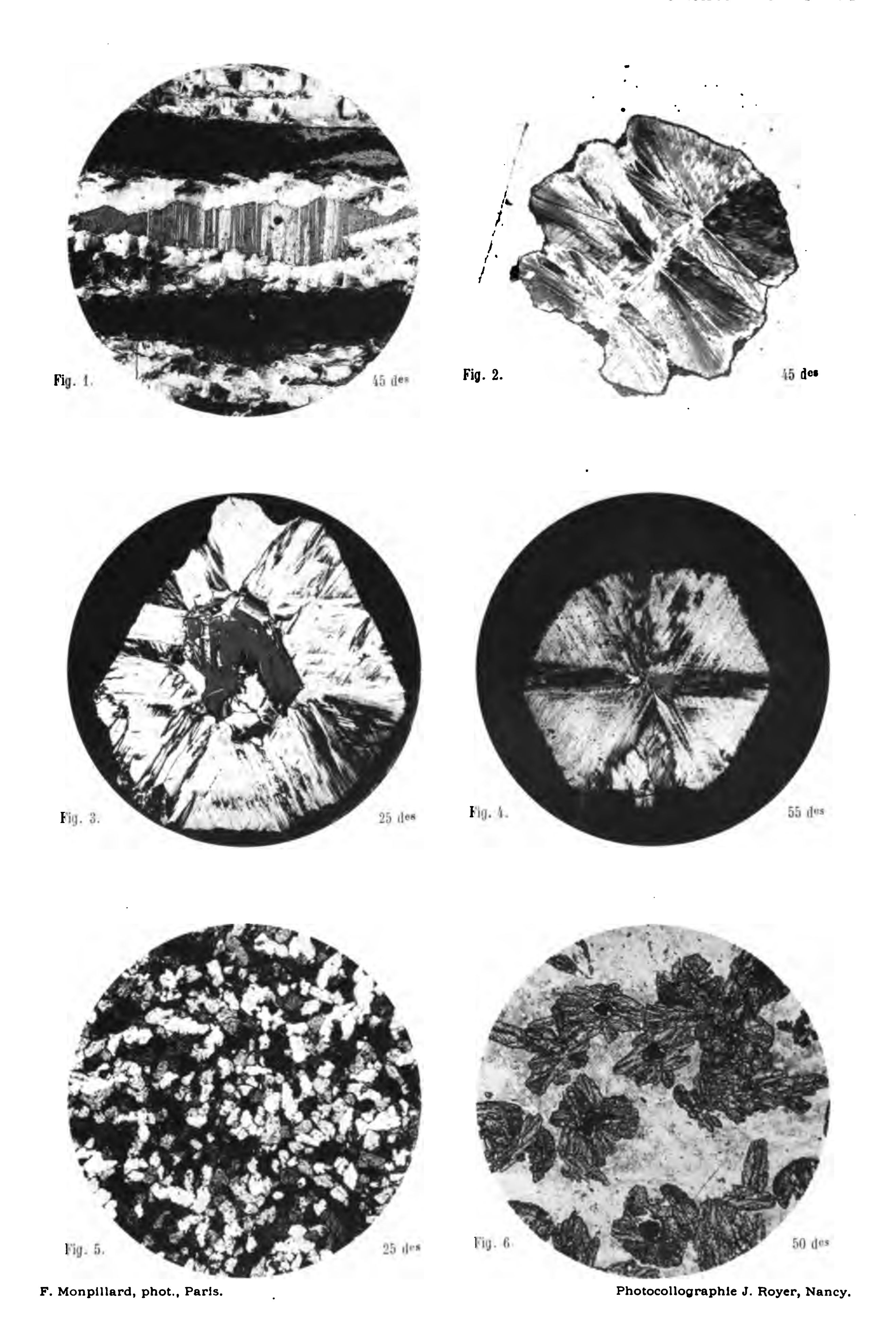


F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Gypse de Paris. — *Microstructures.*

Masson & Cie, Éditeurs.

Masson & Cie, Editeurs.



F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Pseudomorphoses de gypse, lutécite, célestite et sidérose de Paris.

Microstructures.

Masson & Cie, Éditeurs.

ɟnie J. Royer, Nancy.

... du gypse de Paris.

Masson & Cie, Editeurs.

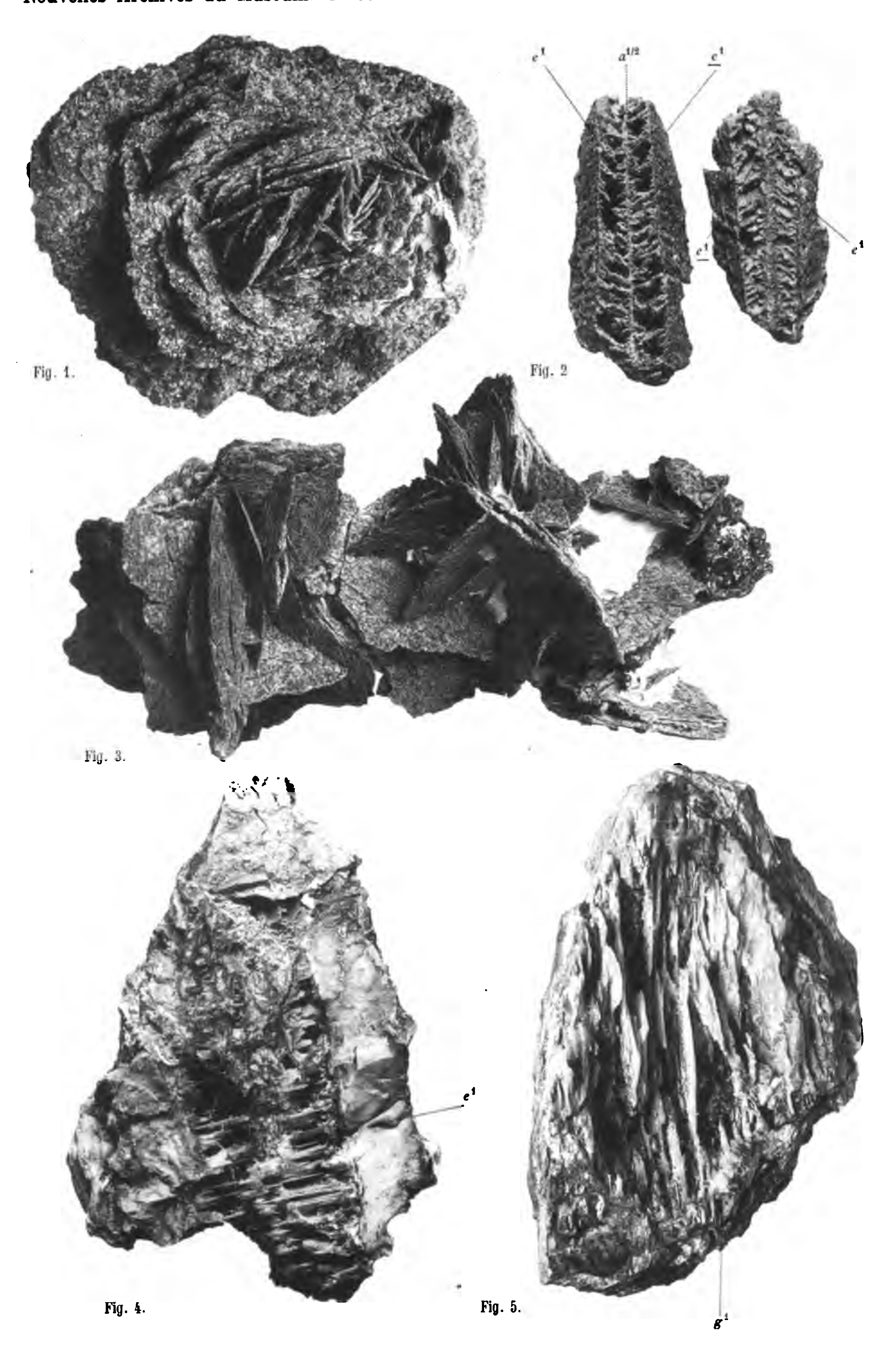


Fig. 1. Fig. 2 Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Pseudomorphoses siliceuses et calcaires du gypse de Paris.

Masson & Cie, Éditeurs.

Masson & Cie, Editeurs.

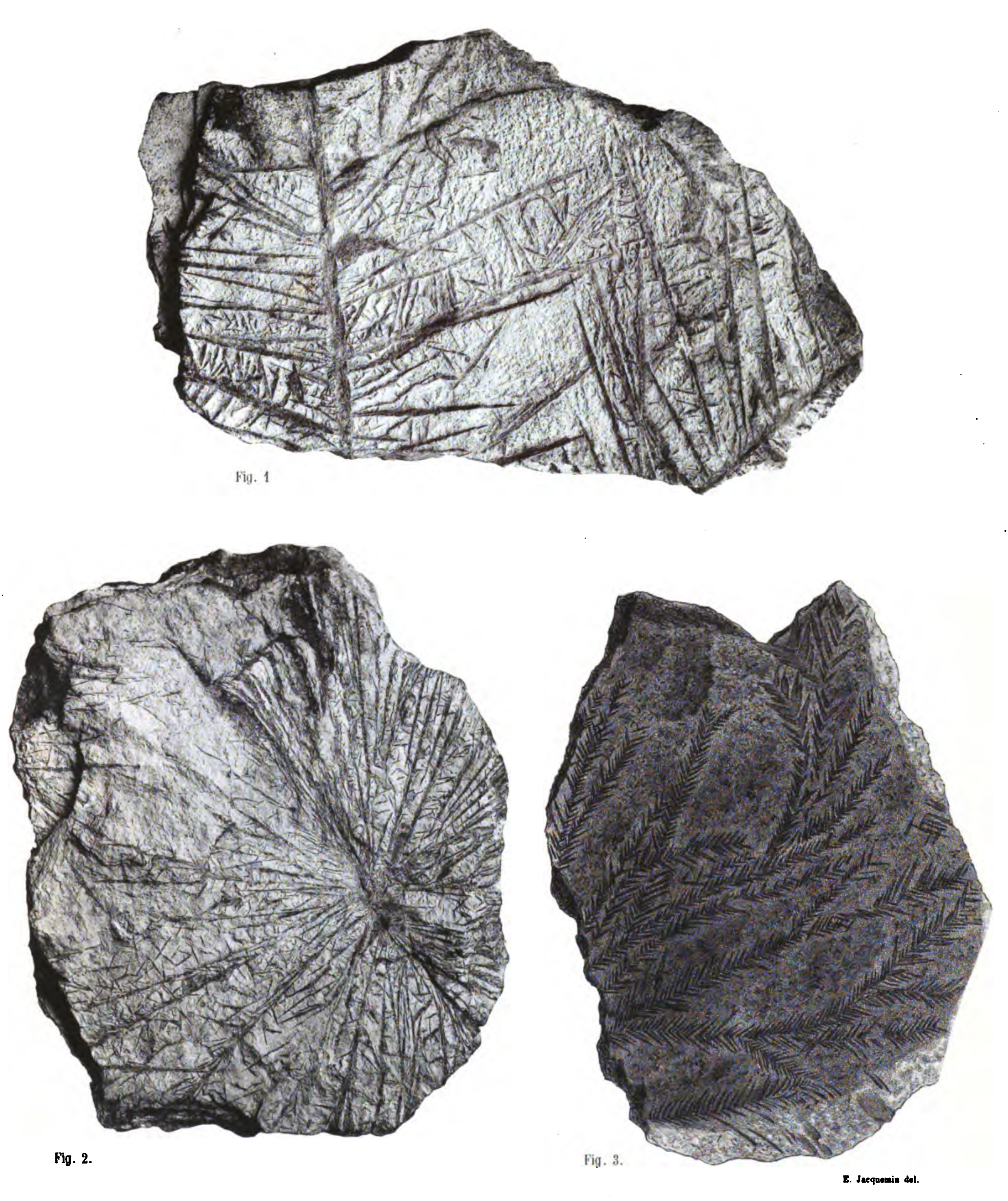


Fig. 1

Fig. 2.

Fig. 3.

E. Jacquemin del.

F. Monpillard, phot., Paris.

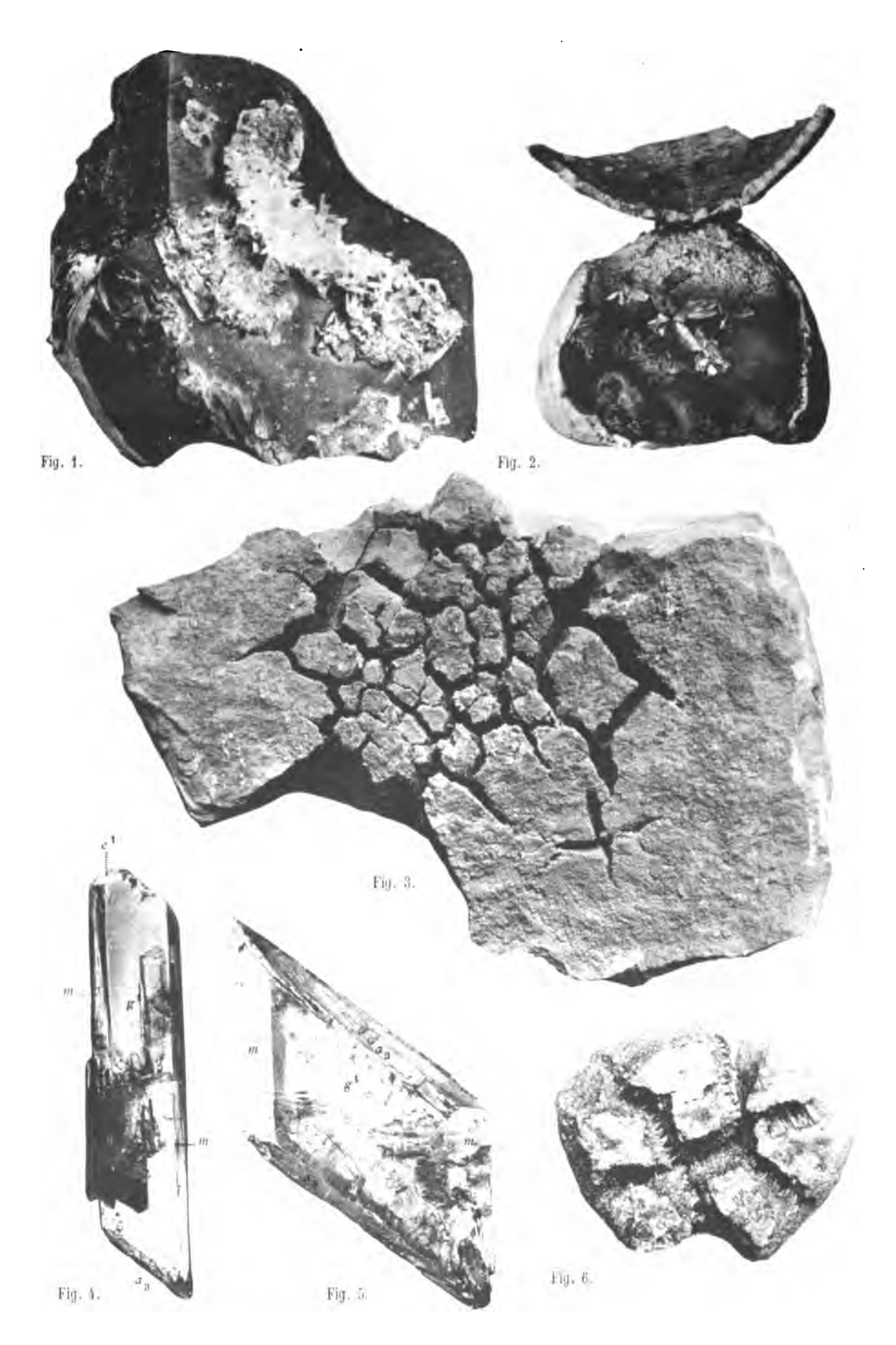
Photocollographie J. Royer, Nancy.

Formes arborescentes du gypse de Paris

Masson & Cie, Éditeurs.

Masson & Cie, Éditeurs.

Masson & Cie, Éditeurs.

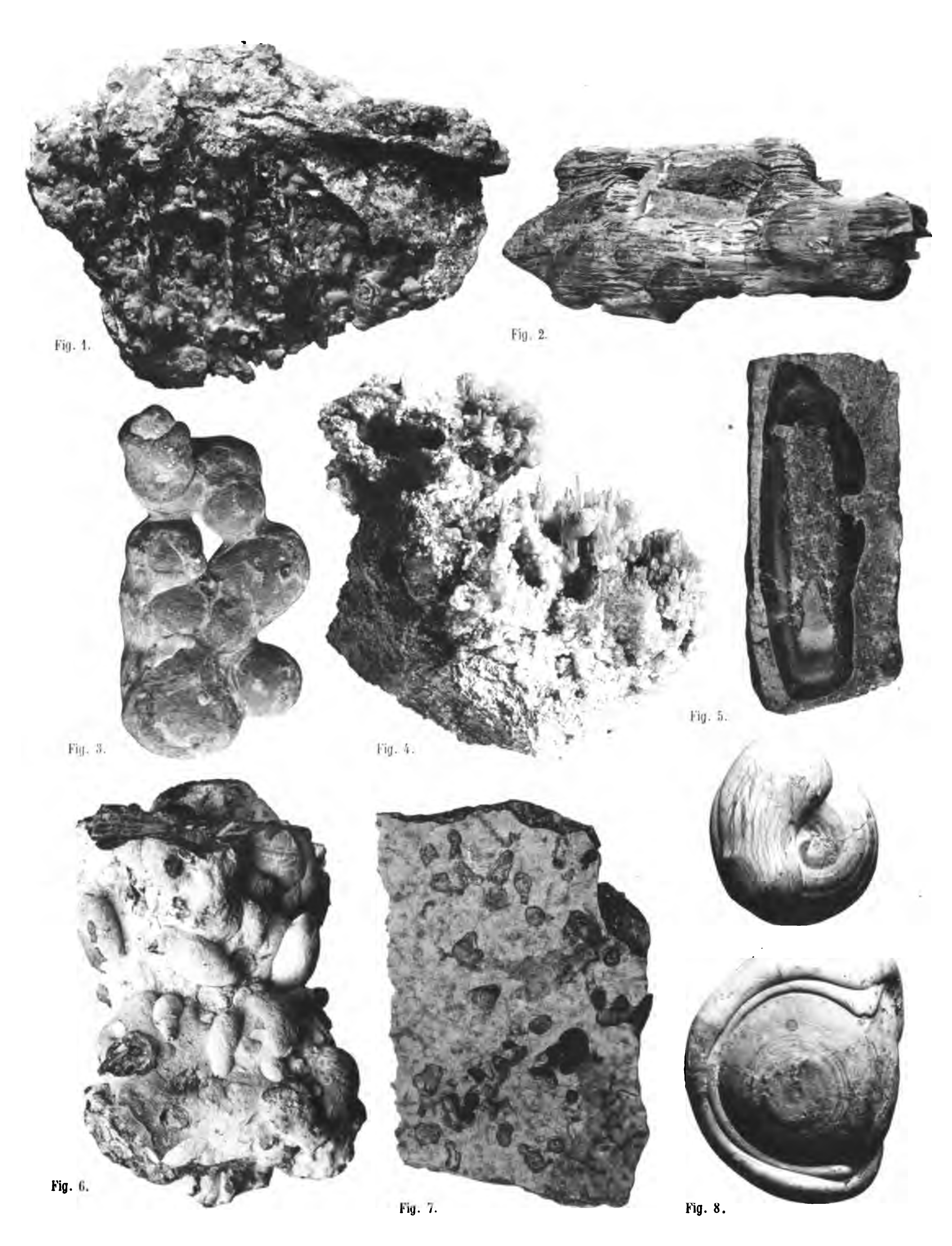


F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Célestine et Gypse de Paris.

Masson & Cie, Éditeurs.

Masson & Cie, Editeurs.



F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Lutécite, quartz, calcédoine et opale ménilite de Paris.

Masson & Cie, Éditeurs.

Masson & Cie, Editeurs.

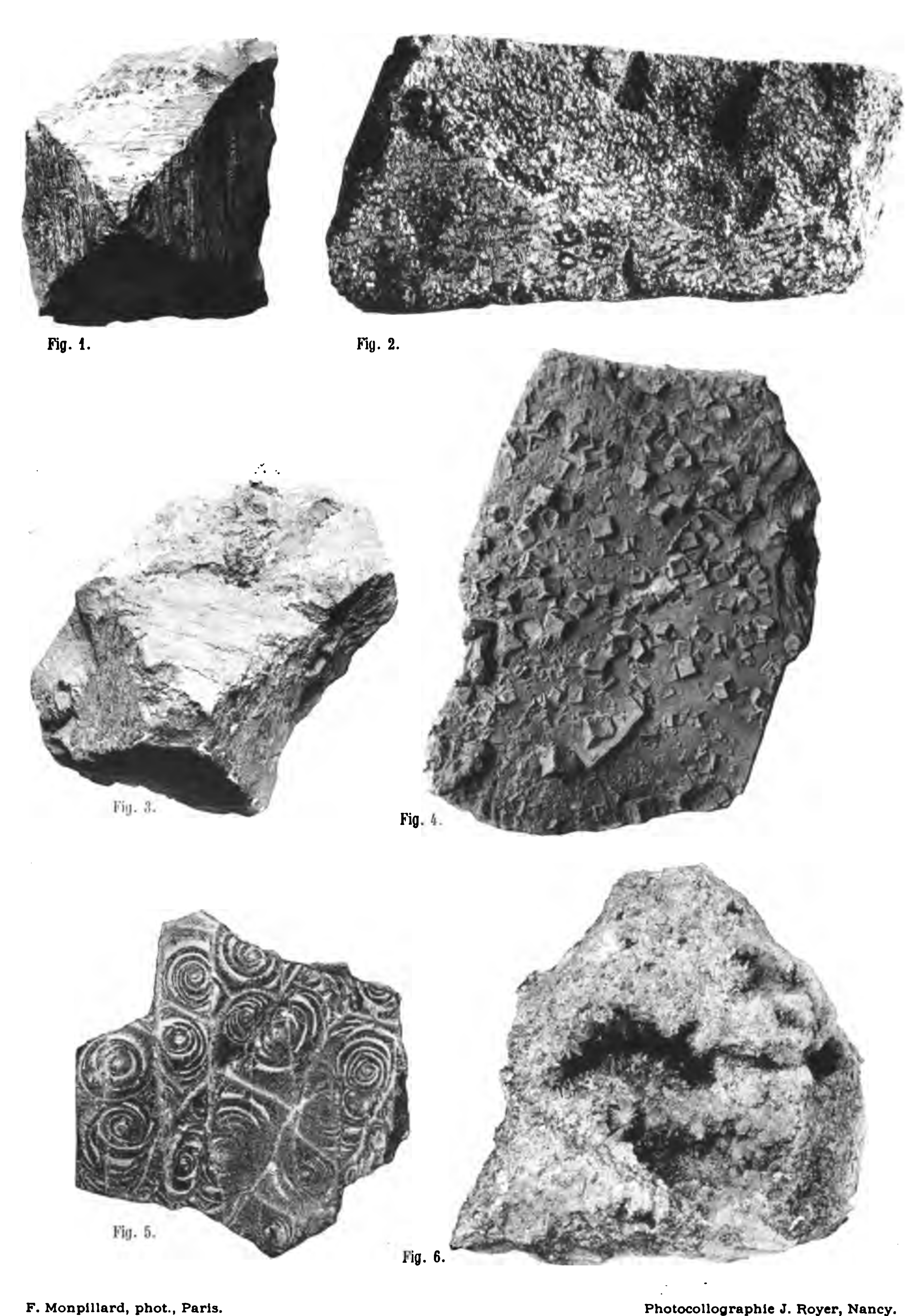
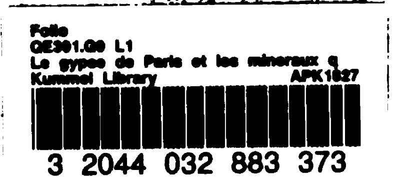


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

F. Monpillard, phot., Paris. Photocollographie J. Royer, Nancy.

Pseudomorphoses de sel gemme, webstérite, calcite, etc., de Paris.

Masson & Cie, Éditeurs.



Lacroix, Alfred
AUTHOR
Le Gypse de Paris.
TITLE

DATE DUE	BORROWER'S NAME

DATE DUE

9/10/02				

GAYLORD PRINTED IN U.S.A.